UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA

Autoconstrução solar térmica em Portugal: avaliação técnico-económica para a cantina universitária da Universidade de Lisboa

João Pedro Seabra Leiria de Matos Glória

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Trabalho realizado sob a supervisão de

Professor Doutor Pierre Hollmuller (FCUL)

Professor Doutor Jorge Maia Alves (FCUL)

2011

Agradecimentos

Desde já quero agradecer às seguintes pessoas:

Ao meu coordenador e Professor Doutor Pierre Hollmuller por ter aceite ser meu coordenador, pela disponibilidade que sempre demonstrou, o comportamento correcto e bem disposto que o caracteriza e por me ter dado a oportunidade de ter visitado um país que não conhecia, aprender e acima de tudo garantindo sempre o meu bem estar.

Também ao meu coordenador e Professor Doutor Jorge Maia Alves pela compreensão da dificuldade que têm sido estes momentos finais, por todo o apoio que me deu e pelo que tem feito para fazer avançar o curso de Engenharia da Energia e Ambiente que frequento.

À Sebasol por me ter aceite para realizar o curso e apresentar o mundo da autoconstrução e a Sergio Mazzone por me ter acompanhado enquanto estive presente na Suíça por várias instalações e por ter estado sempre disponível para responder às minhas dúvidas.

Ao meu grande amigo Hugo Campaniço por toda a ajuda que me deu ao longo de todo o meu percurso académico e pelo amigo que se tornou.

Aos meus amigos Rui Mendes, João Barrigó e João Sousa, que estiveram presentes em momentos difíceis durante esta tese e que sempre estiveram dispostos para ouvir as loucuras que pensava.

Ao João Santos pela ajuda na língua francesa.

À minha madrinha Sara Ginjeira, pela amiga que se tornou ao longo deste percurso e pela sua boa disposição que me deixa sempre animado mesmo com 48h de directa a trabalhar.

À minha Rita por tudo o que tem aturado, por tudo o que representa para mim e pela sua capacidade em me deixar feliz por apenas estar na sua presença. Muito muito obrigado.

Por último à minha família, por ter estado sempre presente e especialmente um grande agradecimento ao meu Pai, Pedro Glória, que nunca será suficiente para mostrar o verdadeiro agradecimento que sinto. Sem ti nada disto seria possível.

Abstract

In the last years, the renewable energy market felt a great growth. Despite the hardships felt in later years due to the economic and financial crisis that established over Europe and almost the entire World, it is expected that the renewable energy market will continue to grow again in the coming years. Due to the fact that societies today base their development and progress on fossil fuels, and being aware of the fact that fossil fuels are expected to come to depletion soon and the environmental impact that they have, investment in alternative solutions must be made. Solar energy is one of those alternatives. Because Portugal has conditions, of solar resource, greater than most European countries, and also because it is a necessity that each and every person is involved in the change of the today's energy paradigm, autoconstruction may take a leading role in the near future.

A collector was built to prove that the execution and building are relatively easy, and that most people have the necessary skills to do it.

A case study was built around dimensioning a solar thermal system for the University of Lisbon canteen and comparing an autoconstruction system and a conventional one. The results show that either option is viable concluding that investments should be made in solar thermal energy. However, it is proven that autoconstruction systems present greater financial advantages than conventional ones.

Keywords: renewable energies, solar thermal energy, auto-construction, thermal solar collector.

Resumo

Nos últimos anos o mercado das energias renováveis sentiu um grande crescimento. Apesar das dificuldades sentidas especialmente nos anos mais recentes devido à crise económica e financeira que se estabeleceu na Europa e em quase todo o Mundo, espera-se que o mercado das energias renováveis continue a crescer nos próximos anos. Devido ao facto de que as sociedades baseiam actualmente a sua evolução e o seu progresso nos combustíveis fósseis, e conhecendo as expectativas de depleção desta fonte de energia e o impacto que a sua utilização tem no ambiente, o investimento em soluções alternativas tem que ser feito. A energia solar é uma dessas alternativas. Devido ao facto de Portugal ter condições, a nível do recurso solar, superiores à grande maioria dos países europeus, e tendo ainda em atenção a importância do envolvimento de todos na mudança do paradigma actual de energia, a autoconstrução pode tomar um papel liderante num futuro próximo.

Foi construído um colector para provar que esta construção é relativamente fácil, e que a grande maioria das pessoas tem as capacidades necessárias para o fazer.

Como caso de estudo desta dissertação foi feito o dimensionamento de um sistema solar térmico para o refeitório da Universidade de Lisboa. Relativamente a este sistema, fez-se ainda a comparação de uma solução de autoconstrução com outra que recorra aos sistemas ditos convencionais. Os resultados obtidos mostram que qualquer das opções é viável, sendo o tempo de retorno do investimento da ordem dos 9 anos no primeiro caso e 14 anos no segundo caso. Como seria de esperar, verifica-se que os sistemas em autoconstrução apresentam vantagens financeiras grandes sobre sistemas convencionais.

Palavras-chave: energias renováveis, energia solar térmica, autoconstrução, colector solar térmico.

Índice

Índice de figuras

Índice de Tabelas

1. Introdução

Actualmente e desde a revolução industrial, em meados do século XIX, as sociedades organizam-se e baseiam a sua evolução no consumo de combustíveis fósseis. Os combustíveis fósseis são, de longe, a fonte de energia mais utilizada e grande parte do planeta está preparada para a sua utilização. No entanto, acredita-se que as reservas destes combustíveis estão próximas de terminar e, simultaneamente, tem vindo a crescer a consciencialização dos efeitos ambientais causados pela sua utilização.

Estamos por isso numa fase de procura de soluções alternativas a nível das fontes de energia. A solução, acredita-se, passa pela utilização de energias consideradas renováveis com impactos menos nocivos para o ambiente. Este é o caso da energia solar térmica.

A energia solar térmica, como tecnologia, consiste no aproveitamento da radiação solar para aquecimento de água (nos sistemas mais comuns). Recorre-se assim a uma fonte, o Sol, que emite uma quantidade de energia superior ao consumo que se espera que a Humanidade possa alguma vez alcançar. Desta forma, o Sol é uma fonte de energia inesgotável, e o problema consiste essencialmente em como aproveitar esta energia da forma mais eficiente e com o menor impacto no ambiente.

1.1 Recurso Solar e Mercado Solar Térmico Mundial, Europeu e Português

Recurso Solar

A radiação solar que incide no nosso planeta tem uma intensidade de 1350W/m^2 para uma superfície perpendicular à direcção de incidência no topo da atmosfera. Esta constante denomina-se constante solar. Ao atravessar a atmosfera, através de processos de absorção e difusão da radiação, ela reduz-se para cerca de 1000W/m^2 em média por ano, dependendo do local do planeta e das condições climáticas (existência de nuvens, por exemplo).

Esta radiação solar pode ser dividida em vários componentes que estão presentes em maior ou menor quantidade dependendo do clima. Quando se está perante céu limpo, a direcção dos raios de luz não sofre desvios significativos e a radiação é chamada de directa. No entanto, quando o céu não se encontra sob estas condições e existem nuvens ou maior nível de impurezas, a radiação sofre desvios e é denominada de difusa. Existe ainda uma última componente da radiação que diz respeito à radiação que é reflectida (do solo por exemplo) e que se chama de radiação reflectida. A soma de todas estas contribuições denomina-se radiação global.

A intensidade média de radiação global incidente numa dada superfície horizontal depende também do local onde nos encontramos, variando com a latitude. Através da figura XX, podemos ver para a Europa, como varia a quantidade de radiação incidente em termos de energia por m^2 (kWh/m^2).

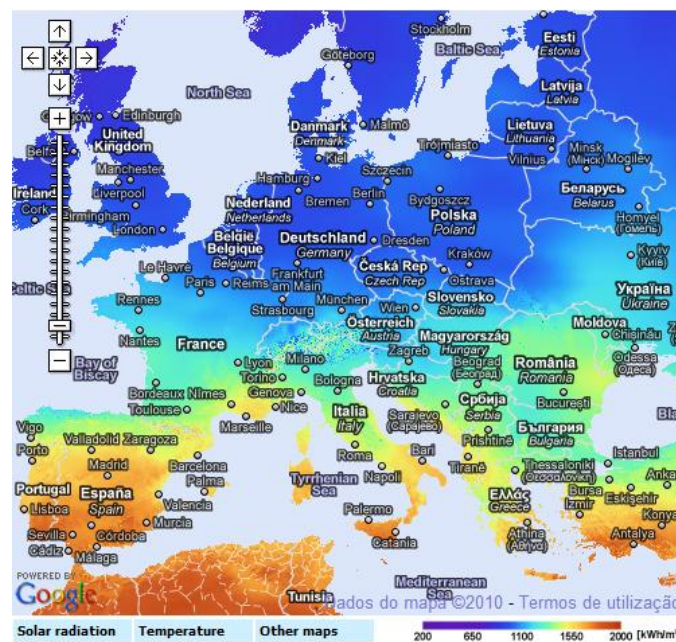



Figura 1.1 Disponibilidade de Recurso Solar na Europa, Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis

Como se pode verificar na figura 1.1, dentro da Europa, Portugal é dos Países que tem o maior potencial para a utilização de tecnologias que aproveitem o recurso solar (solar térmico e fotovoltaico). Por esta razão, não se justifica a razão pela qual Portugal não faz parte, já desde há muitos anos, dos líderes europeus do mercado solar (a nível da quantidade de m^2 instalados per capita). No subponto seguinte são apresentados os mercados do solar térmico mundiais, europeus e português, no qual para o último será dada uma possível explicação para a falta de concordância entre disponibilidade de recurso e área de colectores instalada.

Mercado Solar Térmico Mundial, Europeu e Português

Mercado Mundial

O mercado do solar térmico tem vindo a crescer nos últimos 20 anos de forma relativamente estável e sólida. Comparativamente a outras tecnologias renováveis, a nível do *mix* energético, fica atrás apenas da energia eólica, se excluirmos as já de certa forma tradicionais biomassa e hídrica. Tem, na verdade, uma contribuição muito superior à energia fotovoltaica, como se pode verificar pela figura 1.2.

A figura 1.2 mostra a capacidade total actualmente em operação e a energia produzida, para várias fontes de energia no mundo. A energia eólica é actualmente a que mais produz apesar de não ser a que tem mais potência instalada. Em comparação com a energia fotovoltaica, a energia solar térmica tem aproximadamente uma potência em operação 7 vezes superior, demonstrando que a dimensão do solar térmico no mundo, e a relevância que tem no conjunto de alternativas disponíveis para um futuro sustentável, é bastante elevada.

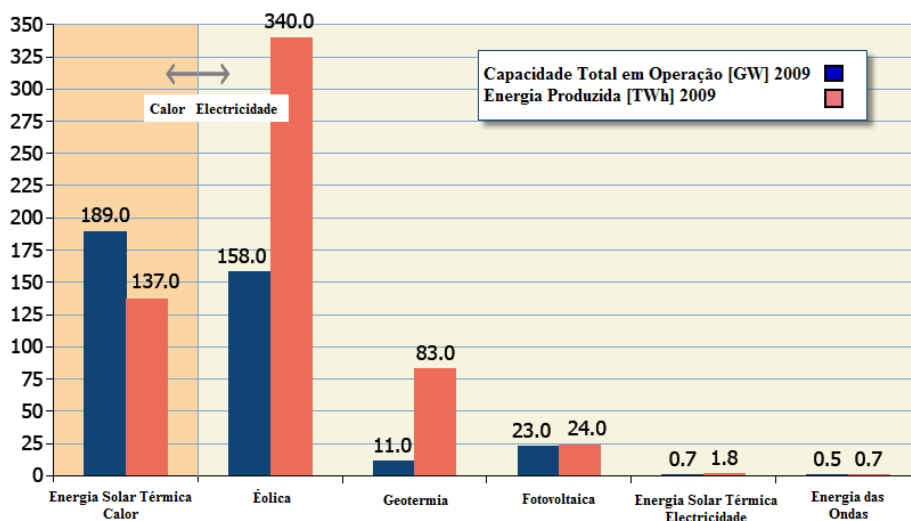



Figura 1.2 Capacidade total instalada e energia produzida para várias fontes energéticas no mundo, 2009. Adaptado: Werner Weiss, Franz Mauthner, Solar Heat Worldwide Markets and contribution to the Energy Supply 2008, 2010 Edition

A nível mundial, como já referido anteriormente, há cerca de 20 anos que o solar térmico tem vindo a evoluir num sentido positivo de crescimento. No final de 2008, um total de 217 milhões de m^2 de colectores, estavam em operação num conjunto de 53 países que representam cerca de 4,17 biliões de pessoas (61% da população mundial). A capacidade instalada nestes países representa cerca de 85-90% do mercado solar térmico mundial. [1] Na figura 1.3, pode-se ver como o total de m^2 de colectores instalados, no fim do ano de 2008, se distribui a nível mundial.

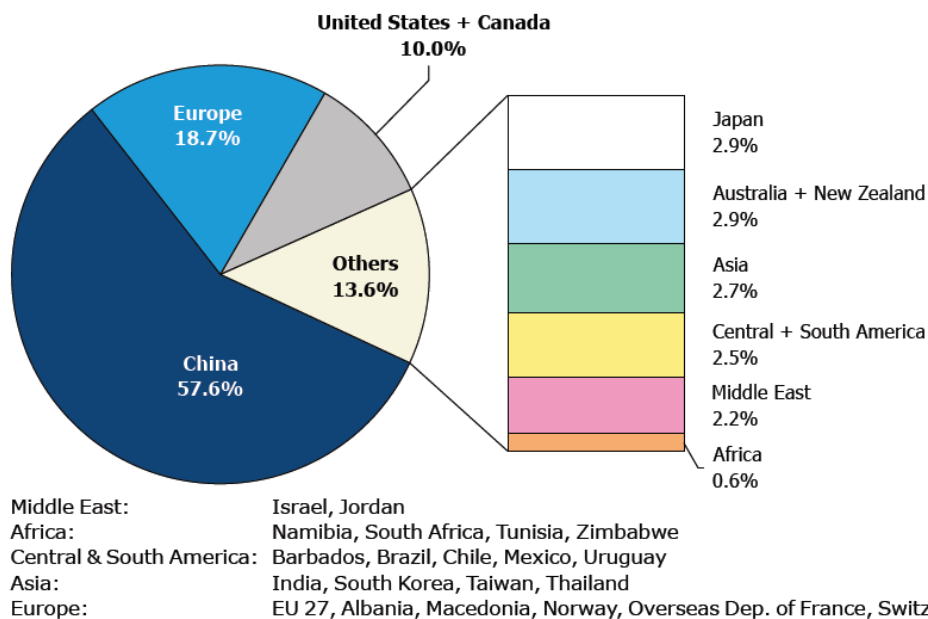



Figura 1.3 Distribuição mundial, por regiões económicas, da instalação de colectores solares térmicos (vidro e sem vidro) no fim do ano de 2008, Fonte: Werner Weiss, Franz Mauthner, Solar Heat Worldwide Markets and contribution to the Energy Supply 2008, 2010 Edit

Como se pode ver, a China apresenta-se como uma clara líder de mercado solar térmico com 57,6% da totalidade de colectores instalados, seguida pela Europa com 18,7%. É importante perceber que o tipo de colectores utilizados nos vários países varia de acordo com opções estratégicas de mercado, domínio de tecnologia e clima (cada tecnologia funciona melhor para um clima específico).

Na figura 1.4, apresenta-se a capacidade instalada para vários países, separada em tipo de tecnologia utilizada.

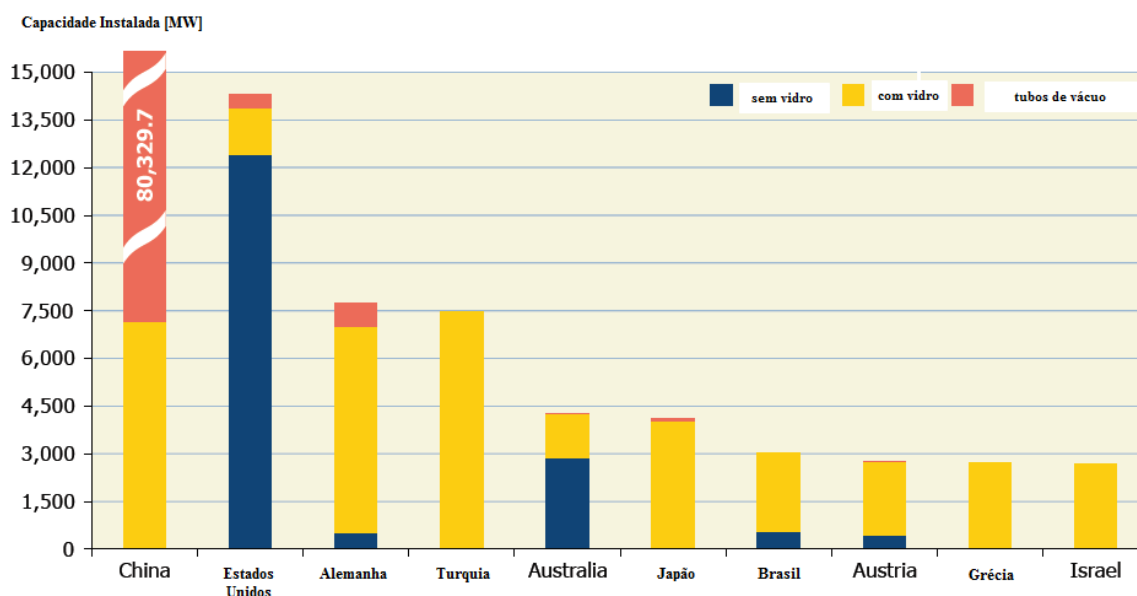



Figura 1.4 Capacidade total instalada de colectores em operação nos 10 países líderes no fim do ano de 2008 (por tipo de tecnologia), Adaptado de: Werner Weiss, Franz Mauthner, Solar Heat Worldwide Markets and contribution to the Energy Supply 2008, 2010 Edition

Como se pode ver, grande parte da capacidade instalada da China é com recurso à tecnologia de tubos de vácuo, que não tem expressão significativa em mais nenhum dos 10 países líderes. Esta tecnologia baseia-se na utilização de vácuo para reduzir as perdas térmicas dos colectores e portanto assim aumentar o seu rendimento, com a principal desvantagem de serem habitualmente mais caros. No caso dos Estados Unidos, a grande aposta é no sentido inverso. No caso da tecnologia em questão, sem utilização de vidro, as perdas térmicas dos colectores são maiores e por consequência o seu rendimento inferior. No entanto, este tipo de colectores é mais barato e em alguns casos torna-se mais vantajosa a sua utilização.

Apenas na Austrália toma esta tecnologia uma importância tão relevante como nos Estados Unidos. Os restantes países têm em geral quase toda a sua capacidade instalada baseada numa tecnologia de colector protegido com vidro, diminuindo as perdas térmicas e tornando-o mais eficiente mas não tanto como os colectores de tubos de vácuo.

De referira ainda que a Alemanha, líder de mercado europeu, é o 3º líder mundial e que tem presente em quantidade considerável as três tecnologias, com predominância dos colectores com vidro.

Mercado Europeu

Na Europa, o ano de 2009 em comparação com 2008 foi uma desilusão. Em 2008, o mercado sentiu um crescimento forte, que parou imediatamente no ano seguinte. No ano de 2009, o número de m^2 de colectores instalados foi de 4,2 milhões (menos 443.708 relativamente ao ano anterior). A crise económica sentiu-se fortemente na Europa, no mercado do solar térmico e continuou para o ano de 2010, com cortes ou reduções significativas nos subsídios apresentados nos anos anteriores. [2]

A figura 1.5 dá uma imagem clara da progressão do solar térmico na Europa desde o ano de 1995 até 2009 (m^2)

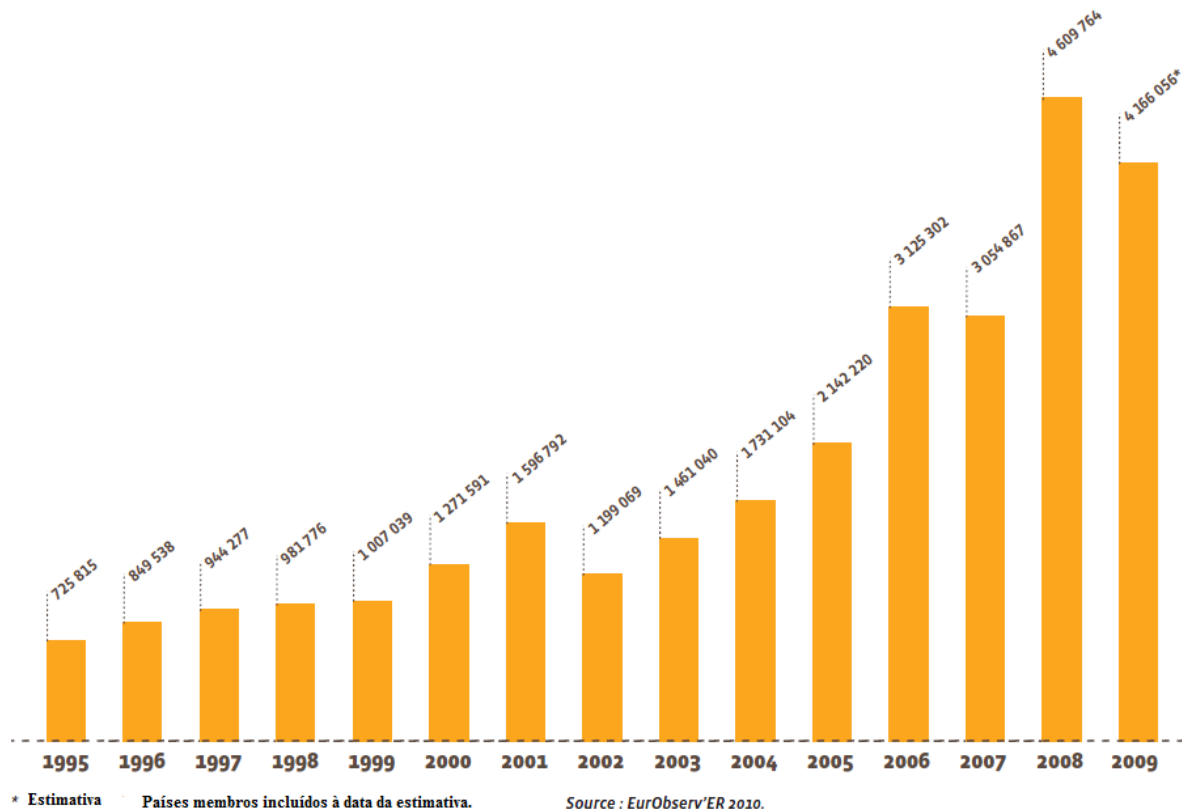



Figura 1.5 Crescimento anual em m2 instalados na Europa desde 1995, Adaptado: EurObserv'ER 2010

Como se pode ver, o ano de 2008 com os apoios e incentivos ao solar térmico, permitiu uma subida acentuada do mercado, para no ano seguinte ser imediatamente parada. No entanto, esta informação não representa a Europa em termos de países. Portugal, Reino Unido e Polónia cresceram nos seus mercados mas por outro lado, líderes de mercado como Alemanha, Espanha, França ou Grécia sentiram reduções no número de m^2 instalados.

Para se ter uma ideia a nível do potencial de mercado Europeu, ajuda perceber como se distribui o mesmo mas em m^2 instalados *per capita*. A figura 1.6 apresenta estes valores.

	m²/1000 hab. *m²/1000 inhab.*	kWth/1000 hab. *kWth/1000 inhab.*
Cyprus	873,9	611,7
Austria	517,1	362,0
Greece	360,5	252,4
Germany	157,8	110,4
Malta	107,8	75,4
Denmark	87,3	61,1
Slovenia	76,9	53,8
Czech Republic	48,9	34,2
Netherlands	46,7	32,7
Sweden	45,1	31,6
Portugal	41,8	29,3
Spain	40,5	28,3
Luxembourg	40,1	28,1
Italy	33,4	23,4
Belgium	30,9	21,7
France***	30,8	21,6
Ireland	27,2	19,0
Slovakia	19,3	13,5
Poland	13,4	9,4
United Kingdom	7,7	5,4
Hungary	6,7	4,7
Romania	5,3	3,7
Finland	5,3	3,7
Bulgaria	4,8	3,4
Latvia	3,7	2,6
Estonia	1,6	1,1
Lithuania	1,5	1,0
Total EU 27	**64,9**	**45,5**

* *Toutes technologies y compris le non vitré.* All technologies included unglazed collectors. ** *Estimation.* Estimate. *** *Départements d'outre-mer inclus.* Overseas departments included – *Les décimales sont séparées par une virgule.* Decimals are written with a comma. Source : EurObserv'ER 2010.

Figura 1.6 Área de m2 instalados per capita para os países da Europa, Fonte: EurObserv'ER 2010

Como se pode ver pela imagem, o líder de mercado na Europa (Alemanha), não o é quando se analisa em m^2 por mil habitantes. Esse lugar cabe ao Chipre. Desta análise é possível perceber que a Europa, a nível de área disponível (por relação com número de habitantes) ainda tem muito potencial para evoluir e crescer.

A realidade prende-se com o facto de que o mercado do solar térmico é altamente dependente das circunstâncias económicas e financeiras e também do preço das alternativas existentes. Desta forma, e com a crise actual e a correspondente descida do preço do petróleo, o ano de 2009 foi marcado por uma redução no mercado de aproximadamente 10% face ao ano anterior, ao contrário do que tinha acontecido no ano de 2008, marcado por um crescimento de 60% face a 2007. [3]

De seguida, apresentam-se vários países europeus analisando-se o seu mercado e a sua evolução recente.

Alemanha

A Alemanha é actualmente o líder a nível europeu do mercado solar térmico. A figura 1.7 mostra a progressão em termos de m^2 instalados de colectores solares térmicos anualmente.

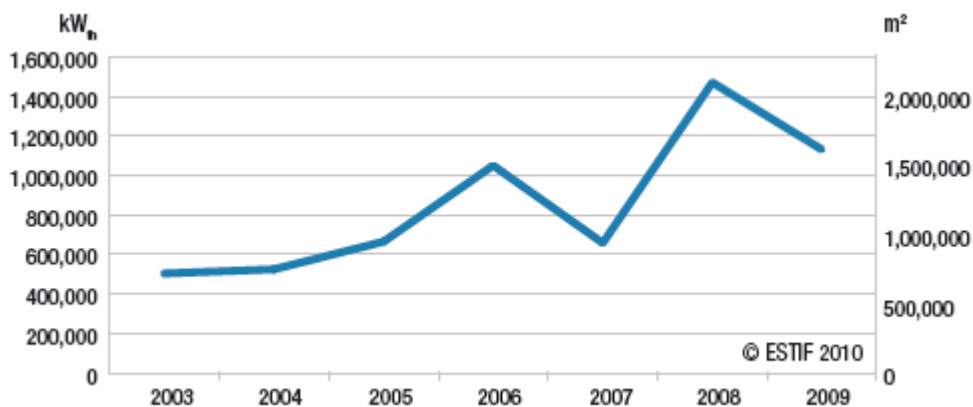



Figura 1.7 Mercado Solar Térmico na Alemanha (Capacidade Anual Instalada), Adaptado: ESTIF – Solar Thermal Markets in Europe, Trend and Market Statistics 2009, Junho 2010

Como se pode ver na figura 1.7, a Alemanha como líder de mercado, tem vindo a crescer consideravelmente desde 2003 até ao ano de 2008, tendo nesse ano alcançado um valor de área de colectores solares térmicos instalados superior a 2 milhões de m^2. Mais uma vez, é visível o efeito da crise mundial no ano de 2009, que se caracteriza por uma redução de 23% no seu mercado de instalação.

As razões para esta redução acentuada prendem-se com as já referidas anteriormente. Este crescimento foi baseado em incentivos governamentais e alterações na legislação referente às habitações, que impõem um mínimo de 20% de fontes de energias renováveis para cada edifício novo. [3] Simultaneamente a descida do preço do petróleo não ajudou o mercado.

Adicionando a tudo isto, existem ainda os seguintes factores a considerar:

1) O difícil acesso ao crédito que se tem sentido devido à crise económica e financeira não incentiva as pessoas a fazer investimentos. Antes pelo contrário, promove-se a poupança e o adiamento de investimentos, o que tem como consequência uma redução do mercado.

2) A Alemanha tem, e a França também, um plano de recuperação do seu sector automóvel. Dentro deste plano, o governo alemão permite a quase 2 milhões de famílias receber 2500€, totalizando cerca de 5 biliões de euros na compra de automóveis. Este tipo de incentivo é óptimo para este sector mas péssimo para os outros, em particular o solar térmico. Promove-se a compra de automóveis mas não de colectores.

3) Foi no dia 3 de Maio de 2010 descontinuado um programa de incentivo que oferecia compensações financeiras a quem fizesse investimentos em sistemas solares térmicos, bombas de calor e equipamentos de aquecimento recorrendo a biomassa. [2]

4) Simultaneamente, a ligeira subida sentida no mercado do solar fotovoltaico significa investimento direccionado para esta área, e com recursos financeiros limitados, tem como consequência menos investimentos no solar térmico.

Espanha
Em Espanha, o mercado do solar térmico teve também um crescimento acentuado nos últimos anos, como se mostra na figura 3.

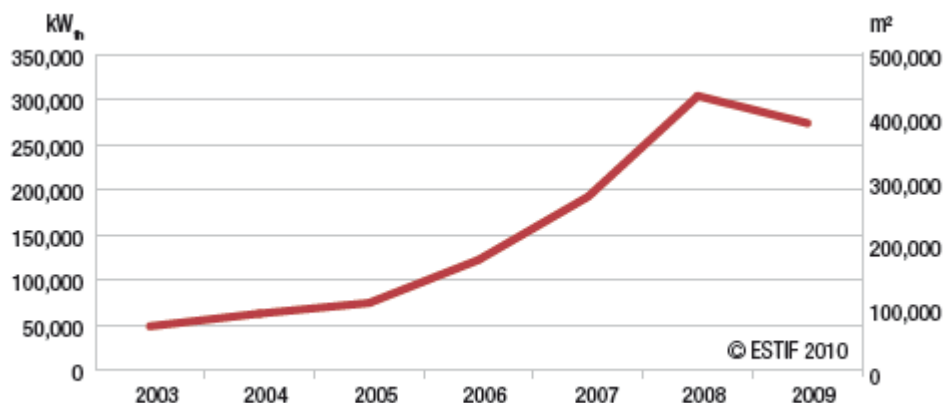



Figura 1.8 Mercado Solar Térmico em Espanha (Capacidade Anual Instalada), Adaptado: ESTIF – Solar Thermal Markets in Europe, Trend and Market Statistics 2009, Junho 2010

Como se pode ver, em comparação com o mercado alemão que ascendia no ano de 2008 a uma área instalada (nesse ano apenas) superior a 2 milhões de m^2, Espanha teve apenas cerca de 450 mil m^2. Nota-se no entanto, uma significativa evolução desde o ano de 2003 e com um crescimento acentuado de 2007 para 2008. Tal como na Alemanha, sentiu-se uma redução no ano de 2009 justificada também pela crise financeira que atingiu os países a nível mundial. Acresce que, em Espanha, o mercado do solar térmico tem estado muito associado ao mercado imobiliário. Ainda no ano de 2009, dos 402 mil m^2 instalados (-13,7% que em 2008), 332 mil m^2 foram instalados para cumprir com o código técnico dos edifícios, que impõe que todas as novas construções ou projectos de renovação cubram 30 a 70% das suas necessidades de água quente recorrendo a solar térmico. [2] Tendo em conta, que o mercado imobiliário em Espanha está numa das suas piores fases de sempre, completamente estagnado e que as previsões de recuperação deste sector não são favoráveis nos próximos anos, prevê-se que o mercado solar térmico em Espanha estará altamente condicionado nos anos que se aproximam, em particular durante o ano de 2010 e mesmo de 2011.

No seu plano de energias renováveis 2005-2010, Espanha marcou uma meta ambiciosa de atingir 5milhões de m^2 de colectores solares térmicos instalados. Na situação actual em que se encontra, e com as expectativas referidas já anteriormente, este valor parece ser praticamente inatingível.

A Associação Solar da Indústria Térmica (ASIT), organização espanhola que tutela a área do solar térmico em Espanha, defende que o actual modelo de avaliação do mercado e de incentivos está viciado e deve ser alterado. A ASIT defende que avaliar o sucesso do mercado, ou mesmo outros parâmetros, recorrendo ao número de m^2 instalados é um erro. Isto deve-se ao facto de este tipo de análise não ter em conta a eficiência dos colectores instalados, pelo que se favorece mais uma instalação com um maior número de m^2 mas recorrendo a painéis menos eficientes, não promovendo assim a utilização de tecnologia nova e de maior qualidade. [2]

Áustria

O mercado Austríaco é um dos mercados mais sólidos na Europa, conseguindo manter uma evolução positiva quase constante nos últimos anos. Como se pode ver pela figura 1.9, o mercado tem vindo a crescer anualmente e durante o ano de 2009 não cedeu, conseguindo alcançar um crescimento de 3% (365.500m^2 instalados no ano de 2009), relativamente ao ano anterior. A Áustria é ainda o país que lidera, em termos de capacidade nova instalada por habitante, com 43m^2 por cada 1000 habitantes.

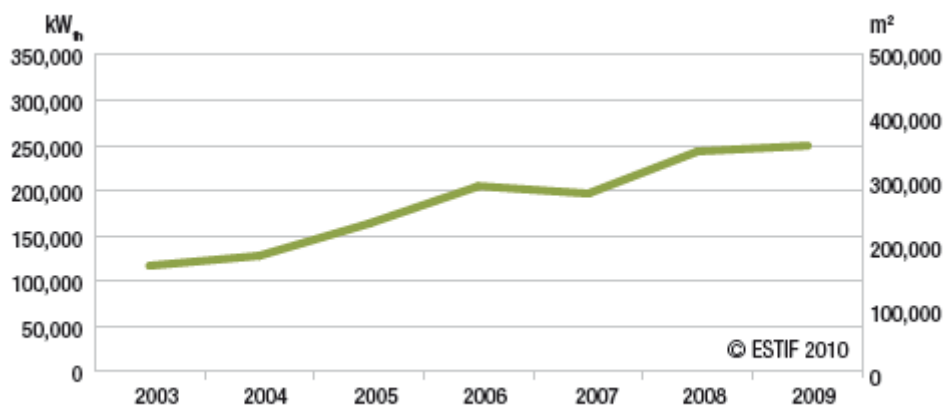



Figura 1.9 Mercado Solar Térmico na Áustria (Capacidade Anual Instalada), Adaptado: ESTIF – Solar Thermal Markets in Europe, Trend and Market Statistics 2009, Junho 2010

Suíça

Na Suiça em 2008, o mercado do solar térmico cresceu 70% relativamente ao ano anterior e novamente 30% em 2009. Este crescimento foi, em grande parte, consequência dos incentivos financeiros promovidos pelos vários "distritos" do país. Na realidade, 23 dos 26 distritos ofereciam em 2009 subsídios, em que a média dos mesmos alcançava 15% do investimento, e no total entre subsídios e deduções aos impostos, os benefícios podiam chegar a representar 30 a 40% do investimento total. Ainda, em 2010 todos os distritos ofereceram apoio ao solar térmico, esperando-se assim para o ano de 2010 que a evolução positiva continue. [3]

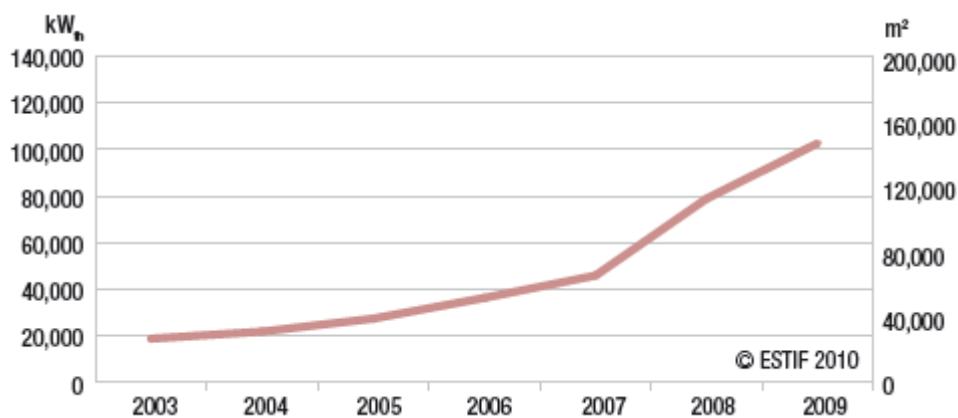



Figura 1.10 Mercado Solar Térmico na Suíça (Capacidade Anual Instalada), Adaptado: ESTIF – Solar Thermal Markets in Europe, Trend and Market Statistics 2009, Junho 2010

Mercado Português

No ano de 2009, Portugal obteve o crescimento mais impressionante da Europa, em termos de área instalada. Através de subsídios, deduções de impostos e outras formas de apoio ao solar térmico, foi possível a Portugal crescer mais de 100% relativamente ao ano anterior instalando mais 90mil m^2 que no ano anterior, e assim tornando-se o maior mercado europeu abaixo da marca dos 200mil m^2 anuais.

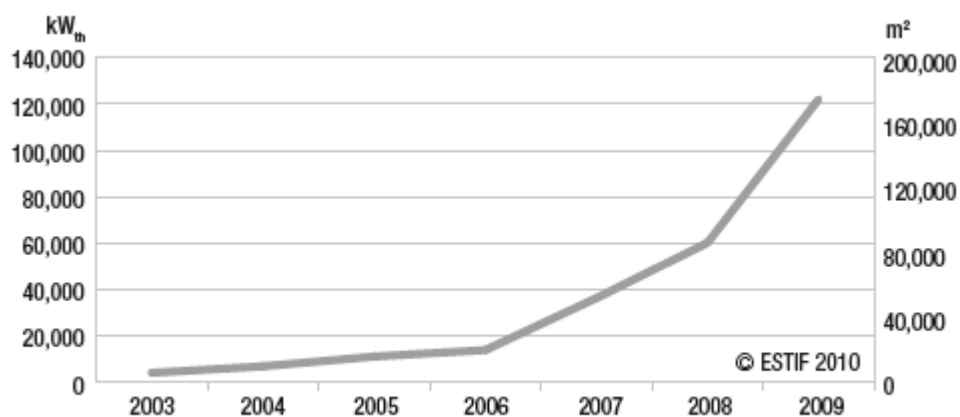



Figura 1.11 Mercado Solar Térmico em Portugal (Capacidade Anual Instalada), Adaptado: ESTIF – Solar Thermal Markets in Europe, Trend and Market Statistics 2009, Junho 2010

Infelizmente, para o ano de 2010 não foi confirmado se os apoios continuariam e verificou-se aliás, já no ano de 2011, uma grande redução aos apoios. Para o ano de 2011, os apoios esperados nesta área incidem apenas sobre instituições de apoio social que desejem instalar sistemas solares térmicos.

Como se pode depreender das várias figuras anteriores, Portugal tem por comparação com os líderes de mercado europeu como a Alemanha, uma área de colectores instalada bastante inferior. Tendo em conta, também como já mostrado anteriormente, a grande disponibilidade de recurso solar esta situação não parece ser concordante. A realidade é que nos inícios da maior disseminação do solar térmico em Portugal, uma parte significativa das instalações foram realizadas por pessoal não qualificado e a qualidade e o bom funcionamento dos sistemas sofreu com isso. O resultado foi uma má imagem do solar térmico para o público em geral impedindo a boa disseminação da tecnologia e um bom aproveitamento do recurso.

Apresenta-se como uma componente de extrema importância, para um futuro crescimento sustentado da tecnologia, apresentar uma boa imagem dos sistemas solares através da formação de pessoal qualificado e métodos de controlo de qualidade, de forma a garantir uma alta percentagem de sucesso nas instalações e desta forma permitir que as pessoas ganhem confiança nos sistemas solares térmicos.

Emprego

O mercado do solar térmico é dos mercados dentro das energias renováveis que gera mais emprego e riqueza. Isto acontece porque a maioria dos componentes dos sistemas solares são, actualmente, produzidos em solo europeu. Simultaneamente o processo de venda, instalação e manutenção são processos que requerem bastante mão-de-obra. No entanto, como se pode entender, o crescimento ou contracção dos vários mercados europeus influencia o número de empregos.

A título de exemplo, a Alemanha com a sua contracção no ano de 2009 significou a perda de 5000 empregos. Simultaneamente, a contracção do mercado espanhol significou reduções de 25% no seu número de empregos associados ao solar térmico. [2]

Futuro

A realidade é que o tempo ou época de ouro do solar térmico, apesar de curta, terminou ou foi posta em espera. A Europa terá que esperar para que a crise económica passe para voltar a sentir o crescimento nesta área, que sentiu nos últimos anos.

A parte positiva desta boa época é que permitiu à indústria modernizar-se, investindo em novas fábricas de produção e desenvolver e introduzir no mercado produtos de maior qualidade e mais fiáveis.

A parte negativa desta situação é que as empresas que detêm estas fábricas de produção, construíram-nas com base numa expectativa de crescimento que afinal não se verificou. Com as dificuldades financeiras que se avizinham, com a redução de mercado e dificuldade de acesso ao crédito entre outros problemas, estas empresas vão passar por grandes dificuldades. Possível até que se observem falências. Assim sendo, as empresas farão tudo para sobreviverem, provavelmente procurando que os seus componentes possam ser utilizados noutras aplicações e tentarem inserir-se nesses mercados, procurar outros mercados de solar térmico que não estejam tão maus como a Ásia ou os Estados Unidos, e assim deixando o mercado europeu de solar térmico para segundo plano.

Em 2010, não se espera portanto crescimento no mercado solar térmico europeu como um todo. No entanto, os objectives propostos pelos países europeus (como já foi referenciado antes o exemplo de Espanha), são altamente ambiciosos, pelo que se espera que no momento em que a crise económica e financeira que se sente na Europa passe, o mercado possa retomar o crescimento que já sentiu em anos passados.

1.2 Autoconstrução

Actualmente, e de uma forma geral, o mercado do solar térmico funciona, de forma simplificada, através do seguinte processo:

1) Existem empresas que produzem e trabalham com os elementos base necessários à produção dos componentes essenciais dos sistemas solares térmicos: cobre, alumínio, madeira, entre outros;
2) Outras empresas compram estes materiais, moldam e trabalham-nos de forma a se tornarem componentes do sistema solar: colectores, depósitos, permutadores de calor, válvulas de segurança, entre outros;
3) Outras empresas, normalmente, dimensionam os sistemas e servem como agentes autorizados das empresas anteriores (processo de revenda), podendo ainda subcontratar outra empresa para fazer instalação dos sistemas solares térmicos;
4) Um utilizador final, consumidor, compra o sistema que é instalado na sua habitação ou no seu edifício (caso se trate de edifício de serviços por exemplo).

De uma forma geral e simplificada, o utilizador final só obtém o seu sistema solar térmico depois de este passar por todas estas fases. E isto acontece independentemente de se o consumidor final é uma pessoa individual ou uma empresa que se encontra num edifício de serviços e é obrigada pela legislação, ou deseja, instalar o sistema.

Ora, como o nome indica, esta tese trata de autoconstrução. Autoconstrução, como definida pelo dicionário é:

“Modalidade de promoção habitacional em que os custos de construção são reduzidos com a mão-de-obra dos proprietários dos lotes.”

Como a definição indica, a autoconstrução tem como objectivo principal a redução de custos através da mão-de-obra do proprietário. No caso de autoconstrução em sistemas solares térmicos, trata-se de construir partes do sistema solar térmico, nomeadamente os colectores, e proceder à sua instalação.

A principal vantagem, do ponto de vista financeiro, é que recorrendo à autoconstrução é possível saltar várias fases deste processo e obter o produto final a um preço mais baixo. É possível, caso existam associações como existem na Suíça, obter os materiais a preços reduzidos (preços de fábrica) e não ter que passar pelos revendedores. Entre esta vantagem existem outras e alguns argumentos para se proceder à construção de uma instalação solar térmica em autoconstrução são apresentados de seguida:

- **Ambiental:** a utilização de sistemas de energia renováveis (produção de energia descentralizada) permite a cada um contribuir para a protecção do ambiente. Reduz-se o consumo de fontes mais poluentes e diminui-se a emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera.
- **Independência:** a instalação solar térmica produz energia, como referido em cima, localmente. O utilizador torna-se então independente, ou quase totalmente independente, da utilização de energias fósseis para aquecimento de água. Simultaneamente não é afectado por futuras subidas de preço do petróleo.
- **Fascínio:** as pessoas ficam de certa forma fascinadas com a ideia de produzirem a sua própria energia com recurso ao sistema solar térmico. Podem sentir também orgulho pelo facto de usufruírem de algo que foram os próprios que construíram.
- **Manutenção:** pelo facto de terem sido os próprios a construir o seu sistema, o cuidado que terão com a manutenção e bom funcionamento do sistema, será na maioria dos casos muito maior do que no caso de outro tipo de instalação.
- **Progresso:** a habitação do utilizador apresenta-se modernizada. As energias renováveis estão associadas na sociedade a uma imagem de modernização e preocupação ambiental. Isto é algo que faz com que as pessoas sintam orgulho na sua habitação e pode levar a situações bastante positivas. Um exemplo é mostrar e explicar a instalação aos seus vizinhos, familiares e amigos e assim multiplicar o número de instalações solares e de pessoas que recorrem a fontes de energia renováveis.
- **Subsídios e redução de impostos:** em Portugal já existiram, e espera-se que venham a ser retomados futuramente, os subsídios às energias renováveis. A energia solar térmica, englobando-se no grupo de energias renováveis, é abrangida por estes apoios governamentais. São dados apoios especialmente a nível da redução de impostos (IRS por exemplo) e acesso facilitado ao crédito.

Autoconstrução no mundo

Existem, a nível mundial, alguns exemplos de autoconstrução na área do solar térmico que têm feito os possíveis para disseminar a tecnologia do solar térmico através deste processo de construção. Brasil, Suíça, Áustria e Estados Unidos são alguns dos países que têm organizações, normalmente sem fins lucrativos, ou então individuais, que promovem a energia solar térmica através da formação em autoconstrução. Normalmente, estas formações são cursos de um ou mais dias, em que se ensina as pessoas a dimensionar, construir e montar o seu próprio sistema. Ainda se dá apoio aquando de dúvidas ou problemas com a instalação e certifica-se que as pessoas têm formação suficiente para instalar um sistema solar térmico para a sua habitação, ou construírem e venderem os sistemas solares obtendo assim uma fonte extra de rendimento.

Brasil [4]

Provavelmente, o caso mais conhecido no Brasil de promoção de sistemas solares térmicos em autoconstrução é a Sociedade do Sol. A Sociedade do Sol é uma organização que promove a energia

solar térmica a baixo custo, com recurso à utilização de materiais comuns do quotidiano, que qualquer pessoa pode facilmente assistindo a um curso e seguindo o manual, construir sem necessidade de conhecimentos avançados de engenharia ou de construção.

A Sociedade do Sol começou como uma equipa que apresentou um protótipo, na altura não operacional, de um sistema solar de baixo custo, na feira que complementava o evento ECO 92 no Rio de Janeiro, Brasil (1992). Entretanto tem ganho relevo e alcançado cada vez mais lares brasileiros, disseminando a energia solar térmica a baixo custo.

O sucesso que esta associação tem tido, e que se espera venha a ter cada vez mais, pode advir das condições sociais em que se insere. Um dos principais consumos de energia das famílias no Brasil recai sobre a utilização do chuveiro eléctrico. O chuveiro eléctrico, muito simplificadamente, é um chuveiro que contém uma resistência eléctrica. Esta resistência eléctrica aquece a água e o consumidor tem assim acesso à água quente. O principal problema é que para além de ser um método ineficiente de aquecer água, é um sistema que se torna muito caro para o consumidor. De acordo com a Sociedade do Sol, uma família gasta em média 388 Reais (1 Real brasileiro=0.44 €). Isto corresponde a 170€ anuais em electricidade para duches. A um custo de 300 Reais (130€) por cada unidade do sistema proposto pela Sociedade do Sol para aquecimento de água, em cerca de 9 meses o sistema está pago e começa a gerar lucro. Para se ter noção, é perfeitamente aceitável que em sistemas ditos convencionais de solar térmico, o tempo para se pagar o investimento ronde os 9 anos.

Importante ainda referir que no Brasil mais de 3 milhões de habitações ainda não têm acesso ao chuveiro eléctrico e portanto não têm acesso fácil à água quente e ao duche. A tecnologia proposta pela Sociedade do Sol apresenta-se então como uma forma de poder dar a estas famílias o mínimo das condições de higiene e o prazer de ter disponibilidade de água quente.

No entanto, a tecnologia proposta por esta associação não respeita as normas europeias de boa prática de sistemas solares térmicos, pelo que a sua integração em países como Portugal estaria condicionada à adaptação do sistema de forma a se encontrar respeitadora das normas. Assim sendo o custo do sistema seria com certeza superior e o tempo de retorno face às alternativas existentes em Portugal para aquecimento de água não seria tão atractivo como se apresenta no Brasil. É preciso notar que as condições sociais, económicas e climáticas do Brasil são diferentes da maioria dos climas europeus e portanto é normal que as normas sejam diferentes também.

Áustria e Suíça [5]

Também na Áustria e na Suíça, o movimento de autoconstrução está presente. Neste caso específico, o movimento foi iniciado na Áustria de forma mais forte e com relevância no mercado do solar térmico, cerca do início da década de 90.

O primeiro caso registado de autoconstrução solar térmica data de 1983, iniciado por um conjunto de pessoas com interesse nas energias renováveis. O movimento foi ganhando expressão e em 1992, cerca de 100.000m^2 de colectores solares térmicos planos (com vidro) tinham já sido instalados, dos quais 50% em autoconstrução. No caso da Suíça, pela mesma altura, o total de m^2 instalados era bem inferior totalizando cerca de 20.000. Com a evolução da situação na Áustria, por volta de 1991, os particulares residentes na região mais a Este da Suíça (Grisons), tomaram um interesse no que se estava a passar no país vizinho e a autoconstrução começou a "invadir" também a Suíça.

No fim do ano de 1999, existiam já duas associações de autoconstrutores na Suíça: Sebasol e Solar Schweiz. Mais tarde, estas juntaram-se para formar a Solar Support que se mantém em actividade até à presente data.

O movimento foi transportado para a Suíça onde começou a ganhar expressão considerável no mercado.

Estados Unidos

Com um ponto de vista ligeiramente diferente das associações apresentadas na Suíça, existem várias pessoas a título individual com interesse nas energias renováveis e em particular no mundo do solar térmico. Uma rápida pesquisa nos motores de pesquisa de conteúdo online, apresentam um conjunto de resultados para os denominados projectos *Do It Yourself*, a maioria referenciando endereços de internet americanos. Neste caso a lógica é, como referido, ligeiramente diferente em que parte dos conteúdos é pago e o valor reverte a favor de pessoas a título individual. Um destes casos, que chamou a atenção pela aparente qualidade do plano e da tecnologia desenvolvida é o caso do endereço de internet de John Canivan (http://www.jc-solarhomes.com/).

Apesar de o sítio de internet não apresentar uma imagem científica ou convincente, adquiri a título pessoal os planos desta pessoa. De forma resumida, a tecnologia apresentada é baseada em conceitos que estavam em discussão no mundo científico há longos anos atrás sobre a melhor e mais eficiente maneira de desenvolver sistemas solares térmicos, nomeadamente a concepção dos colectores.

Na altura, o mercado do solar térmico seguiu a direcção que é amplamente conhecida e reconhecida a nível mundial que é a dos colectores planos, onde um tubo ou conjunto de tubos está de alguma forma conectado (soldado, agarrado, ou de outra qualquer forma preso) a uma placa metálica. Esta placa metálica aquece e transfere a sua energia para os tubos que estão em contacto com a mesma. Os tubos por sua vez transferem esta energia para um fluído que circula no seu interior aquecendo-o. Finalmente esse fluído irá aquecer, através de um permutador de calor, a água que será mais tarde consumida.

Esta opção foi escolhida na altura, acredita-se, porque o preço dos metais utilizados na construção do colector e portanto destas placas e tubos (maioritariamente o cobre) eram baratos ou a um preço acessível. No entanto, nos últimos anos o preço do cobre tem vindo a subir consideravelmente e a indústria com alguma certeza adaptar-se-á a esta nova situação procurando outros materiais mais baratos. O que John Canivan propõe é um regressar ao outro conceito em debate no momento em que se escolheu seguir a tecnologia actual.

Este conceito de colectores solares térmicos consiste em ter uma chapa ondulada por onde circula a água. Nesta situação, a chapa aquece e a água como se encontra em contacto com a chapa aquece também. Retira-se assim a necessidade de utilizar tanto cobre e sendo possível então reduzir o custo do colector.

O que se propõe nesta situação é também autoconstrução mas não centrada à volta de uma associação e obviamente sem o controlo de qualidade inerente às associações. No entanto, a realidade é que um individual tem a possibilidade de construir o seu sistema a um custo mais barato e ter acesso à energia do sol.

1.3 Sebasol

Como já explicado anteriormente a Sebasol é uma organização sem fins lucrativos, sediada na Suíça em Geneve, que tem como missão promover a energia solar térmica a todas as pessoas, em particular a formação de autoconstrutores que possam construir e montar os seus próprios sistemas. A história da Sebasol no mercado do solar térmico inicia-se com a introdução na Suíça de uma tecnologia desenvolvida na Áustria para a construção de um colector simples, juntamente com a informação necessária a tudo o que diz respeito a uma instalação solar térmica.

Esta associação juntamente com outra existente por volta de 1990 denominada de Solar Schweiz, formaram a Solar Support e adaptaram o sistema desenvolvido na Áustria. Desde então têm vindo a propor alterações e melhorias ao sistema inicialmente desenvolvido com o intuito de melhor servir as pessoas interessadas no mundo do solar térmico. A organização da Sebasol assenta maioritariamente mas não totalmente, no voluntariado e na vontade das pessoas de estarem envolvidas com uma organização presente já em vários pontos da Suíça.

Percurso da Sebasol – autoconstrução no mercado suíço

A Sebasol teve e tem ainda um papel fundamental no mercado do solar térmico Suíço. Em conjunto com outras associações em autoconstrução, desenvolveram e fizeram parte do movimento solar térmico suíço. De acordo com informações de um documento interno da Sebasol, foi possível obter os seguintes dados relativamente ao mercado desde 1990 até 2009.

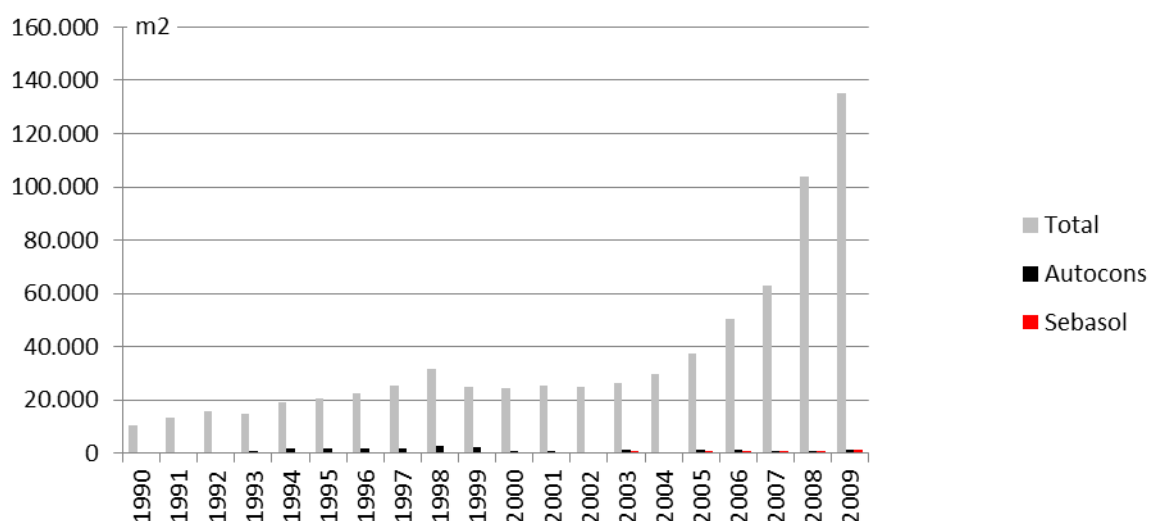



Figura 1.12 Mercado Solar Térmico Suíço de 1990 até 2009, Fonte: Documento interno da Sebasol

A figura 1.12, em cima, mostra para o mercado Suíço, como tem vindo a evoluir o número de m^2 instalados anualmente. Como se pode ver, em 1993 a autoconstrução começa já a fazer a sua introdução no mercado e em 1996 a Sebasol começa a tomar uma percentagem dos valores da autoconstrução. Pode também entender-se que os primeiros anos da autoconstrução coincidem com o início do crescimento do solar térmico na Suíça.

A figura 1.13 mostra a relação entre área instalada em autoconstrução e pela Sebasol com o total de área de colectores instalados no mercado.

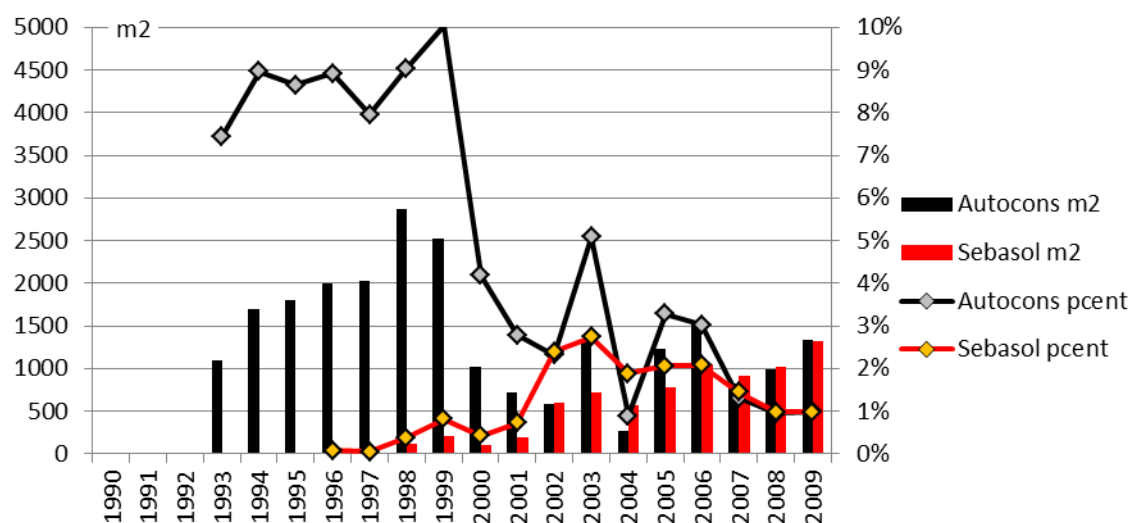



Figura 1.13 Mercado Autoconstrução Solar Térmico Suíço desde 1990 até 2009, Fonte: Documento interno da Sebasol

A figura mostra como a Sebasol tem vindo a crescer no mercado desde 1996 até 2009. No entanto, desde 2006 a sua percentagem do mercado tem vindo a reduzir. Isto é sinónimo de que o volume do mercado do solar térmico (em m^2) cresceu significativamente. Algo aliás, já expresso na figura anterior. É interessante verificar que o crescimento sentido a nível da autoconstrução durante os anos de 1993 até 1999 seja imediatamente de seguida continuado por um crescimento do mercado total. Isto é indicativo de que a autoconstrução, e da qual a Sebasol faz parte, foi um impulsionador e dinamizador do mercado.

Organização da Sebasol

É importante referir novamente que a Sebasol é uma organização sem fins lucrativos e que baseia o seu método de acção e introdução no mercado a partir desta premissa. Incluído nos seus objectivos encontra-se o seguinte, que se apresenta de extrema importância:

- Promover instalações solares térmicas de acordo com a legislação em vigor e a um preço mais vantajoso

Apesar de a tecnologia desenvolvida pela Sebasol ser livre, de forma a garantir a qualidade dos sistemas, que se encontram de acordo com a legislação e que não se propague uma má imagem da mesma, a Sebasol promove cursos de formação sobre energia solar térmica e mais especificamente sobre a tecnologia em questão.

Estes cursos têm a duração de 14 horas e eu tive a oportunidade de estar presente num deles. Ao longo do curso são apresentadas noções básicas sobre um sistema solar térmico e cada componente do sistema Sebasol é mostrado, discutido e até realizado. Por realizado entenda-se que existe uma componente prática muito forte nos cursos, em que se constrói um absorsor para ser integrado num colector solar desde os passos iniciais. São portanto dados os conhecimento necessários para a correcta construção e montagem de um sistema solar térmico juntamente com a experiência base necessária.

Existem então duas opções principais quando se deseja ter um sistema solar térmico em casa:

1) Autoconstrução
2) Chave-na-mão

Opção Autoconstrução

Caso a pessoa que contacta a Sebasol tenha um interesse pessoal em envolver-se com a Sebasol ou apenas um interesse em obter um sistema solar térmico em sua casa a um preço mais acessível, e simultaneamente possuir o conhecimento necessário e suficiente para o seu bom funcionamento, então a opção a seguir é a da autoconstrução.

Quando se inicia este processo, a pessoa deve inscrever-se num dos cursos da Sebasol (que são ministrados com a frequência média de um por mês). Após assistir ao curso e possuir o conhecimento necessário à correcta realização da técnica que envolve a construção e montagem do colector e às ligações e forma de instalação de todos os componentes, é assinado um contrato em que a pessoa se compromete a seguir os protocolos da organização sempre que decidir construir um sistema recorrendo à tecnologia da mesma.

Nesta situação a pessoa constrói então o seu sistema solar térmico, para a sua casa por exemplo, e tem ainda a possibilidade de vender e ser um instalador de sistemas solares térmicos com a tecnologia da Sebasol. Consegue então obter um rendimento extra através desta actividade, simultaneamente promovendo o crescimento do solar térmico.

Opção chave-na-mão

Existe ainda uma situação que não envolve necessariamente a presença no curso ou qualquer actividade de construção. Caso a pessoa deseje simplesmente que seja instalado um sistema Sebasol na sua habitação, mas que não queira estar envolvido no processo de construção do mesmo, contacta então a associação e esta trata de contactar os instaladores que já presenciaram o curso e que seguiram a actividade de instalar sistemas solares térmicos recorrendo à tecnologia da Sebasol, e um destes, caso esteja disponível para tal, procederá à instalação do sistema.

Nestes casos, a pessoa que deseja ter um sistema solar térmico em casa, consegue obter esse sistema a um preço não tão baixo como se o construísse ele próprio mas ainda a um preço mais baixo que o preço médio de mercado por um sistema equivalente.

Dimensionamento

A Sebasol fornece ainda um apoio indispensável às pessoas envolvidas com a organização. Esta fornece documentos escritos de apoio e folhas de cálculo para ajudar com o dimensionamento e orçamento do sistema. Através de um telefonema, com uma duração de 10 a 15min caso existam os dados necessários para o efeito, é possível obter um dimensionamento detalhado do sistema a realizar, efectuado por pessoas com qualificação e experiência na área, que trabalham directamente para a Sebasol.

Preços acessíveis

Como já discutido e referido nesta tese, e será analisado com mais detalhe em subcapítulos posteriores desta dissertação, a Sebasol tem a capacidade de oferecer preços extremamente competitivos com os preços de mercado. Isto acontece especialmente pela seguinte razão:

A Sebasol, como é uma organização sem fins lucrativos, contacta com os fornecedores de material necessário à realização de um sistema solar térmico e obtém preços mais baixos que os preço de venda ao público devido à quantidade de material que encomenda. De seguida, quando existem instalações a realizar e contacta um instalador, vende esse material sem margem. Vende portanto o material ao instalador sem margem de lucro, e este obtém então o material para a realização das suas instalações a preços reduzidos. Desta forma o valor que o instalador gasta para realizar a instalação é menor dando-lhe a possibilidade de praticar preços mais atraentes que os preços de mercado.

No entanto, para garantir que esta margem a que o instalador tem acesso não seja de alguma forma utilizada única e exclusivamente para o benefício do próprio, impõe preços de venda máximos das instalações. Quer-se com isto dizer, que o instalador não pode pegar na margem que obtém por ter preços de material significativamente mais baixos e vender a instalação igual ao preço médio do

mercado, aumentando assim largamente a sua margem de lucro. Isso, de certa forma, iria contra o objectivo da organização de promover sistemas solares térmicos para o público em geral a um preço mais vantajoso. Desta forma, ela limita o preço de venda.

Verificação da qualidade

É preciso notar que a Sebasol garante sempre a qualidade das suas instalações. Durante o processo de instalação e especialmente no final da mesma, um representante da Sebasol dirige-se ao local da instalação para garantir que o sistema tem a qualidade necessária para o bom funcionamento da mesma. Garante que a execução do trabalho se encontra de acordo com as indicações fornecidas na altura do dimensionamento, que as ligações estão bem realizadas e de acordo com as normas a que o instalador se comprometeu quando esteve presente no curso.

Formação de jovens aprendizes

De forma a promover a formação e a propagação da tecnologia e o crescimento do mercado da autoconstrução, a Sebasol incentiva ainda a que os instaladores tenham um aprendiz consigo. Este aprendiz, após a realização do curso, acompanha o instalador nas suas instalações e ajuda-o no trabalho que for necessário. Ele é pago como um trabalhador e a Sebasol subsidia parte do custo que o instalador tem com ele, através de benefícios variados para o instalador. Alguns destes benefícios são discutidos de seguida.

Campos Solares Didácticos

A Sebasol, em conjunto com a organização TerraWatt, organiza campos solares didácticos. Nestes campos solares, alunos de várias escolas do país participam na realização de instalações solares térmicas durante o período de uma semana.

Os alunos, com idades compreendidas entre os 14 e os 18 anos, participam em todas as fases do processo aprendendo a trabalhar com ferramentas profissionais. Estão envolvidos na construção dos colectores, na sua instalação nos telhados, ligação de componentes do sistema e verificação do bom funcionamento. Em suma, aprendem a montar um sistema solar térmico desde o início.

Figura 1.14 Colocação por parte dos jovens do vidro sobre os colectores, Fonte: http://www.sebasol.ch/presentation.asp?rubrique=5

Aliado aos objectivos práticos discutidos, os campos têm também uma perspectiva de consciencialização sobre o consumo de energia e a sua racionalização, algo que se espera que venha a ser o quotidiano das suas vidas futuras. A perspectiva é de ir encontro às lacunas que a educação no país apresenta relativamente à parte prática das energias renováveis, e ambientar os jovens desde muito cedo a lidar na prática com as energias e a tecnologia.

Figura 1.15 Explicação do funcionamento de um concentrador a jovens num campo didáctico, Fonte: http://www.sebasol.ch/presentation.asp?rubrique=5

Simultaneamente desenvolve-se outras componentes sociais, como o companheirismo, trabalho em equipa ou a resolução de problemas práticos, que não é comum encontrar nas escolas.

Figura 1.16 Grupo de jovens autoconstrutores num campo didáctico, Fonte: http://www.sebasol.ch/presentation.asp?rubrique=5

Estes campos são então um momento de convívio agradável, no qual se integra aos jovens num ambiente em que o espírito de equipa domina e em que trabalham todos para um objectivo final comum. Simultaneamente incentiva-se o gosto e a familiarização com as energias renováveis aliado a uma sensação de capacidade de execução, muitas vezes em falta na maioria dos jovens. Apresenta-se em anexo o exemplo de um pequeno texto sobre os campos solares (anexo 1).

Financiamento

A Sebasol, mesmo não sendo uma organização sem fins lucrativos, tem que ter uma base de rendimento para sustentar toda esta organização. Assim sendo, cobra pelo curso que ministra, por uma licença anual para fazer parte do grupo de instaladores da Sebasol e ainda uma percentagem da receita que cada instalador obtém quando realiza uma instalação.

Como se pode perceber, todo esta organização tem custos associados e o valor cobrado pela Sebasol aos seus instaladores serve apenas como forma de subsistir e ter as verbas necessárias para poder continuar a desenvolver e optimizar o sistema, de forma a poder fornecer aos seus “clientes”, ou melhor, aos seus interessados, cada vez mais sistemas de superior qualidade e a preços inferiores.

Opção autoconstrução versus Chave na mão

Um colector fabricado em autoconstrução tem um custo cerca de 155€/m^2 sem o trabalho de ligações de tubagens para integração no telhado. Muitas vezes, este tipo de trabalho não é realizado pelo autoconstrutor por falta de experiência ou desconhecimento de como se faz. Nestes casos, se esse trabalho for entregue a uma outra pessoa, o custo do colector irá subir (por se estar a contratar alguém para fazer esse trabalho) e pode rondar os 230-270€m^2.

De acordo com a Sebasol, isto permite fazer uma economia na ordem dos 40-70% sob os colectores vendidos no mercado para instalação convencional e de 60-80% sob os colectores para integração em telhado. Esta análise não tem em conta descidas de preço anormais como saldos ou outro género de descontos.

Uma das grandes vantagens da autoconstrução é promover o entendimento total da concepção, realização e operação técnica de uma instalação solar. Dá uma visão global e simultaneamente detalhada dos sistemas, o que é indispensável para o controlo da instalação no momento em que esta estiver em funcionamento.

Na figura 1.17 é apresentada, para o caso da Sebasol, uma estimativa do custo na Suíça de uma instalação solar térmica em autoconstrução.

Figura 1.17 Estimativa do custo solar térmico em autoconstrução para AQS e AQS + Apoio à climatização, Adaptado: http://www.sebasol.ch/estimation_auto.pdf

Para o caso de instalações solares térmicas em autoconstrução para aquecimento de água ou para aquecimento de água e apoio à climatização, o gráfico 1.17 apresenta a estimativa de custo do sistema. Escolhe-se a dimensão da instalação, em função da área de colectores a instalar, e segue-se a recta respectiva para chegar ao valor estimado da instalação.

No caso de simples aquecimento de água e para uma instalação típica numa habitação individual, o valor comum de área de colectores a instalar ronda os 6m^2. Para este valor de área estima-se um custo de cerca de 9.000Fr. Suíços (correspondente a 6.980€).

No caso de integrar as duas componentes (AQS e apoio à climatização), a linha a seguir no gráfico 1.17 é a verde. Para este caso, o valor típico para uma habitação individual é de cerca de 18m^2, o equivalente a 18.500Fr. Suíços (correspondente a 14.352€).

Estes são os valores estimados para custos em modo autoconstrução. No entanto, existe uma outra opção, como já discutido anteriormente, que é em modo "chave-na-mão". A figura 1.18 apresenta os valores estimados para esta situação.

Figura 1.18 Estimativa do custo solar térmico em chave-na-mão para AQS e AQS + Apoio à climatização, Adaptado: http://www.sebasol.ch/estimation_auto.pdf

Neste caso, a hipótese "chave-na-mão" apresenta, como esperado, valores estimados mais altos para a mesma área de colectores.

Na situação mais simples e comum de instalações para aquecimento de águas sanitárias numa habitação unifamiliar, a estimativa para uma área de 6m^2 de colectores é de 14.000Fr. Suíços (correspondente a 10.860€).

No segundo caso (AQS mais apoio à climatização), para uma área de 18m^2 o valor estimado é de 27.500Fr. Suíços (correspondente a 21.330€). A tabela 1.1 apresenta um breve resumo dos valores referidos anteriormente.

Tabela 1.1 Comparação AQS com AQS + Climatização

	AQS -6m^2 (Eur)	AQS + CLIMATIZAÇÃO - 18m^2 (Eur)
Autoconstrução	6.980	14.352
"Chave-na-mão"	10.860	21.330
Relação Percentual	35,73%	32,71%

Pode concluir-se que instalar um sistema solar térmico, seja para aquecimento de águas sanitárias ou também para apoio à climatização, em autoconstrução versus modo “chave-na-mão” tem um custo cerca de 30-35% inferior. É importante referir que o preço “chave-na-mão” é também um preço reduzido face aos sistemas empresariais convencionais de solar térmico. Recorrendo a informações fornecidas pela Sebasol e através de um documento da Universidade de Geneve foi possível obter uma comparação entre os preços médios, os melhores e sistemas em autoconstrução de sistemas solares térmicos em Geneve entre 1993 e 2001 (figura 1.19). [6]

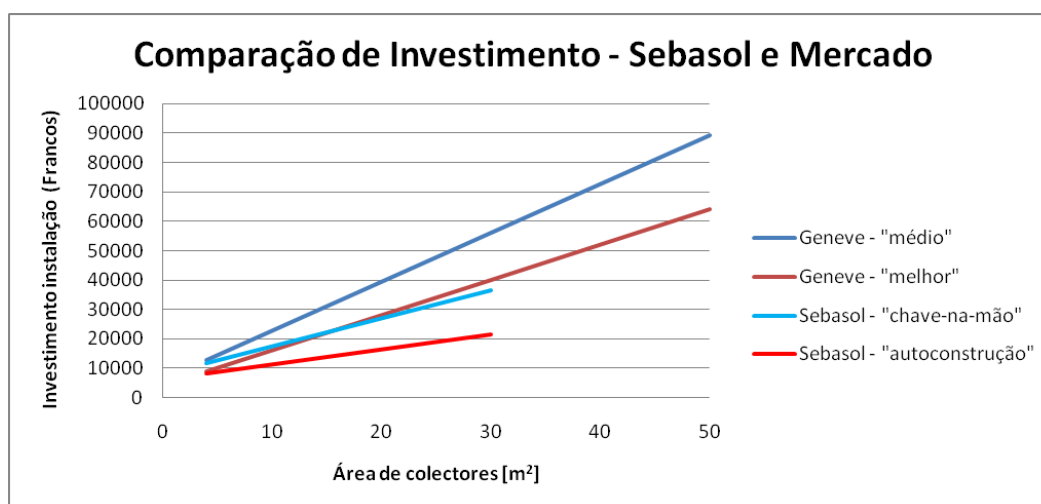



Figura 1.19 Comparação do Investimento de sistemas solares térmicos em Geneve para o período de 1993 a 2001.

A figura mostra as 4 rectas de custos de sistemas solares térmicos em Geneve no período de 1993 a 2001:

1) Geneve – “médio”: diz respeito ao valor médio das instalações solares térmicas em Geneve.
2) Geneve – “melhor”: diz respeito ao valor mais baixo para as mesmas instalações. Nesta recta são considerados os melhores preços disponíveis no mercado para a área instalada.
3) Sebasol – “chave-na-mão”: diz respeito ao valor a que a Sebasol, ou os seus autoconstrutores, vendem os seus sistemas em modo chave-na-mão.
4) Sebasol – “autoconstrução”: diz respeito a quanto custa um sistema da Sebasol em autoconstrução para a respectiva área de colectores.

Como se pode depreender do gráfico, mesmo em chave-na-mão, o preço de um sistema solar térmico recorrendo à Sebasol é mais baixo que o melhor preço de mercado para o caso de sistemas com área superior a 15m^2. No caso de sistemas em autoconstrução é na verdade sempre mais baixo. Isto mostra todo o potencial que a Sebasol tem em permitir que a população tenha acesso à energia solar térmica a preços acessíveis.

Tempo necessário para a autoconstrução

A Sebasol prevê que o tempo para montar uma instalação solar térmica em autoconstrução segue, aproximadamente, a seguinte relação:

- **50 Horas de mão-de-obra + 10h de mão-de-obra por m^2 de instalação solar.**

Esta duração pode, no entanto, variar ± 50% dependendo das capacidades manuais do instalador e da sua organização. Com o acumular de experiência, o tempo que se leva para concluir a construção de um sistema solar térmico reduz-se cada vez mais.

Em caso de existirem aspectos da instalação que fujam ao que se considere a norma das instalações (alguma excepção em ligações de tubagens, colectores, apoio, etc.), devem ser adicionadas 20 a 100 horas de mão-de-obra.

Desta duração total, a grande parte é passada no local de instalação em questão: trabalhos no telhado, desenho das linhas de passagem das tubagens, isolamento, conexões, etc. De acordo com a informação disponibilizada pela Sebasol, o tempo global de montagem prevê entre outros:

- 14 horas para frequência de um curso de energia solar térmica
- 5 a 10 horas para organização de tarefas
- 1h30min a 2 horas para absorsores
- 4 horas para colocação do sistema em funcionamento depois de montado

Como se pode compreender a grande parte do tempo não está dedicada à construção dos absorsores ou à sua montagem, mas sim, excluindo a frequência do curso, para organização de tarefas e colocação do sistema em funcionamento. Entenda-se colocação do sistema em funcionamento como o processo de instalar e ligar os vários componentes do sistema, como os depósitos, tubagens, entre outros.

2. Sistema Solar Sebasol

2.1 Funcionamento simplificado de um sistema

Uma instalação solar para aquecimento de água é composta pelos seguintes cinco elementos ou componentes principais:

a) Colectores
b) Circuito Solar
c) Acumulador ou Depósito Solar
d) Apoio
e) Regulação

A figura 2.1 seguinte apresenta um esquema simplificado de um sistema a instalar numa habitação.

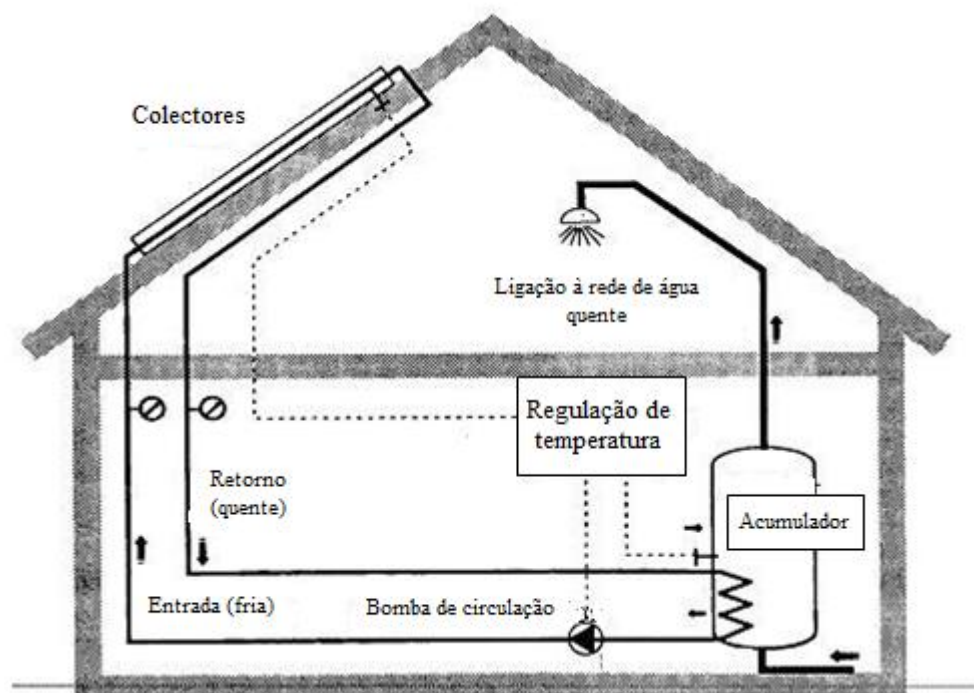



Figura 2.1 Esquema de uma instalação solar térmica típica numa habitação, Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

A radiação solar incide nos colectores e é absorvida e convertida em energia térmica com uma eficiência que depende das características e da tecnologia de cada colector, e que pode em geral variar entre 40 e 80%.

Esta energia térmica é transferida para o fluído térmico que circula no interior dos colectores, uma mistura de água e glicol. O fluido térmico é utilizado em vez de água da rede para prevenir a deterioração das tubagens do circuito solar, a possibilidade de congelamento no Inverno, e a formação de vapor no Verão. Isto acontece por que a mistura tem um ponto de congelação inferior e um ponto de ebulição superior ao da água.

Através de um circuito solar (tubagens), o fluído aquecido passa por um permutador, que se encontra acoplado a um depósito, que irá transferir a energia do fluído para a água que se encontra no seu interior. A água que está dentro do depósito e que é aquecida através deste processo é a água que será depois consumida nos duches ou outra qualquer utilização que será feita para a água quente.

Existe também ainda um apoio ao sistema. Este sistema de apoio tem a função de aquecer a água que o sistema solar não consegue aquecer nas alturas do ano em que a intensidade da radiação é mais baixa. Portanto, se numa dada altura o sistema solar não recebe radiação suficiente para fazer subir a temperatura da água para a temperatura desejada, o sistema de apoio (gás ou eléctrico por exemplo) entra em funcionamento.

A entrada do sistema de apoio em funcionamento é determinada pelo regulador. Este regulador é normalmente electrónico e faz a leitura da temperatura da água que se encontra no depósito e a temperatura desejada para o consumo. Caso seja inferior acciona o apoio.

Simultaneamente existe um regulador que controla quando é que o sistema solar térmico deve estar ligado ou desligado.

Para prevenir situações de ineficiência do sistema solar térmico, um regulador electrónico acciona a circulação do fluído e consequente permuta de calor para o depósito quando existe uma diferença mínima de 6ºC entre a temperatura dos colectores e do depósito e desliga esta circulação quando ela é inferior a 2ºC.

Isto acontece porque ter um sistema a funcionar quando a diferença de temperatura entre os colectores e os depósitos é inferior a 2ºC é desinteressante. Ou seja, as perdas de energia e os custos de manter a bomba de circulação em funcionamento, que se dão ao transportar o fluído dos colectores para o permutador não compensam o muito ligeiro aumento de temperatura que a água dentro do depósito sofre. Simultaneamente se a temperatura nos colectores for inferior à do depósito, como pode acontecer à noite, se a bomba continuasse em funcionamento estaria a promover a permuta de calor do depósito para os colectores e estes perderiam para o exterior esta energia. O ciclo estaria portanto a realizar-se no sentido inverso ao desejado. A bomba, como referido em cima, está também programada para ser accionada quando esta diferença de temperatura é igual ou superior a 6ºC. Este é o momento em que já é vantajoso ligar o sistema. Assim sendo, a bomba tem duas temperaturas de controlo diferente: uma para desligar e outra para ligar.

2.2 Tipos de instalação

Instalações compactas para aquecimento de água

As instalações compactas são instalações *standard*, de pequenas dimensões e que são fáceis de montar. São usualmente conhecidas por *kits* e normalmente utilizam-se em casas individuais para fornecer água quente a uma família. De acordo com a Sebasol, e portanto para um clima suíço também, o esquema típico de uma instalação compacta é apresentado de seguida na tabela 2.1. Para o clima português, devido à superior disponibilidade de recurso solar ao longo do ano, a área de colectores necessária é inferior e portanto, tanto em chave-na-mão como em autoconstrução o custo será inferior.

Tabela 2.1 Características de instalações compactas na Suíça

Instalações compactas	
Área do campo de colectores (m^2)	4 a 6
Volume do depósito (Litros)	300 a 500
Preço chave-na-mão (Francos)	9.500 a 12.000
Preço em autoconstrução (Francos)	5.000 a 7.000

Este tipo de instalações compactas apresentam-se como sendo uma maneira fácil de aceder ao sistema solar térmico e a um preço aceitável. Em anexo é apresentado um esquema de princípio deste tipo de instalação (Anexo 2).

Instalações compactas ligeiramente superiores para aquecimento de água

Faz-se também instalações compactas para aquecimento de água, mas ligeiramente superiores, e que são de superfície consideravelmente superior às instalações compactas e são dimensionadas em função do consumo verificado ou estimado. De acordo com a Sebasol, o esquema típico de uma instalação deste género para 6 pessoas apresenta-se em baixo.

Tabela 2.2 Características de instalações para 6 pessoas na Suíça

Instalações compactas (6 pessoas)	
Área do campo de colectores (m^2)	6 a 9
Volume do depósito (Litros)	500 a 800
Preço chave-na-mão (Francos)	13.000 a 16.000
Preço em autoconstrução (Francos)	8.000 a 12.000

Em anexo, apresenta-se o esquema de princípio para este tipo de instalação (Anexo 3).

Instalações para aquecimento de água e climatização

É possível também nas estações da Primavera e Outono, recorrendo a uma área superior de colectores, utilizar o sistema solar térmico como apoio ao sistema de climatização (aquecimento) e simultaneamente para o aquecimento de águas sanitárias. Neste caso, o sistema é montado de forma a fornecer a energia calorífica ao depósito utilizado para a climatização e ao depósito de consumo de água. No caso deste tipo de instalações, a orientação do campo de colectores deve ser alterada para maximizar a captação de radiação solar no Inverno. Desta forma, é possível cobrir uma maior percentagem das necessidades para a climatização e reduzindo o excesso de energia que se verifica no Verão. De acordo com a Sebasol, tipicamente numa instalação solar deste tipo, a área dos colectores nunca é inferior a $10m^2$, sendo o volume do depósito da ordem de 80 litros por m^2 de colector instalado.

Existem algumas formas de fazer a ligação destes dois depósitos e uma delas envolve a utilização de um depósito combinado: um depósito em inox é mergulhado em banho-maria no interior de outro depósito.

Devido ao excedente de calor, por causa da área de colectores superior, os consumos de água quente são totalmente supridos pelo sistema solar térmico. E o sistema de apoio é direccionado apenas para ajudar no que faltar para o aquecimento no sistema de climatização.

Este tipo de sistema terá, no entanto, excedentes de produção de energia calorífica no Verão como já referido, e portanto terão que ser utilizados ou evacuados de alguma forma (ver no presente capítulo – "Protecção contra o sobreaquecimento").

De seguida apresenta-se um resumo das características inerentes a este tipo de sistemas em que os colectores fornecem energia para aquecimento de água e simultaneamente para ajudar na climatização da habitação.

Tabela 2.3 Características de instalações para AQS + Apoio à climatização

Instalações para AQS + Apoio Climatização	
Área do campo de colectores (m^2)	20
Volume do depósito (Litros)	2400
Preço chave-na-mão (Francos)	25.000
Preço em autoconstrução (Francos)	15.000

Em anexo apresenta-se um esquema de princípio de uma instalação deste tipo (Anexo 4).

O custo de uma instalação para apoio à climatização e para aquecimento de águas sanitárias é muito superior à de uma apenas para aquecimento de águas sanitárias. No entanto, devido à muito superior contribuição de energia pode ser, em termos de relação custo benefício, igualmente atractiva ou melhor.

Instalação solar para aquecimento de água de uma piscina

Os sistemas solares térmicos são também bastante apropriados para o aquecimento de água de piscinas. Devido às elevadas quantidades de energia que são necessárias para manter a temperatura da água de uma piscina a uma temperatura agradável, os sistemas solares térmicos podem trazer poupanças significativas e reduções consideráveis de emissões de CO_2 dependendo do tipo de fonte de energia utilizada inicialmente no aquecimento da água.

Nos sistemas solares térmicos instalados para as piscinas, a água da piscina pode circular directamente no circuito dos colectores, evitando assim todo um conjunto de componentes que encarecem o sistema. De forma a evitar corrosão nas tubagens, os colectores são geralmente construídos em material sintético EPDM (Borracha de etileno-propileno-dieno) resistente aos raios Ultravioleta (UV).

O colector para uma piscina consiste num simples absorsor preto sem caixa isoladora e sem cobertura transparente. O colector está portanto ao ar e sujeito a maiores perdas por condução e convecção.

2.3 Campo de colectores e integração no telhado

Determinação da área de colectores

A área ou número de colectores depende simultaneamente do volume do depósito e da fracção solar (razão entre energia fornecida pelo sistema solar térmico e necessidades de água quente) que se pretende obter para o sistema solar térmico.

No caso de se utilizar um depósito excessivamente grande, a quantidade de água que será necessário aquecer para a temperatura desejada irá requerer uma elevada quantidade de energia. A única forma de obter essa energia é aumentar a área de colectores instalados.

Analisado de outra forma, o que interessa ter em consideração é qual a fracção solar que se irá obter para um sistema solar térmico. Este é o valor que fornecerá a informação de quanto se irá poupar com a utilização do sistema. Desta forma, recorrendo a um software de simulação, o que se torna interessante é optimizar estas duas componentes (área de colectores e volume do depósito) para obter a melhor fracção solar possível com o mínimo custo possível.

Conselhos para colocação de colectores no telhado

A tecnologia que a Sebasol apresenta pressupõe a integração dos colectores no telhado. Na continuação da lógica utilizada na concepção e construção dos colectores e ainda para garantir o bom funcionamento dos mesmos, são dados alguns conselhos relativamente à integração no telhado.

Tabela 2.4 Conselhos e a sua justificação para colocação de colectores no telhado

Conselhos	Justificação
Integrar os colectores no telhado	Minimização do impacto visual
Dispor o campo de colectores de forma rectangular	Muito mais simples de conceber e executar
Não ultrapassar o topo to telhado	Minimização do impacto visual
Agrupar os colectores num campo	Ligações muito mais simples

Relativamente à segurança, as regras de trabalho em telhados aplicam-se inclusivamente no caso de instalações solares térmicas. Os métodos habituais de garantir a segurança devem ser realizados.

Dimensionamento do campo de colectores utilizando os colectores auto-construídos K6

Os colectores que a Sebasol utiliza nas suas instalações são concebidos para serem construídos em autoconstrução. Estes colectores, denominados K6, foram testados, controlados e certificados pela entidade localizada na Suíça SPF (Solartechnik Prufung Forschung) com o número 172. Os resultados destes testes são apresentados em anexo (Anexo 5).

O campo de colectores é normalmente montado directamente sobre a estrutura do telhado, retirando-se as telhas e pregando directamente à madeira. Fixa-se a caixa (estrutura) ao telhado e coloca-se o material de isolamento e o absorsor. Os colectores são ligados entre si e ao circuito da instalação, e finalmente os vidros são instalados cobrindo assim os colectores.

No caso das instalações a serem feitas em telhados é importante conhecer a dimensão do telhado e o espaço totalmente disponível para realizar a instalação. Os planos da instalação devem ser desenhados tendo em conta esta limitação. Um conselho é medir a dimensão de uma telha e multiplicar pelo número de telhas existentes. Assim evita-se uma subida desnecessária ao telhado e reduz-se o risco de acidentes.

Os colectores K6 (SPF 172) têm uma superfície de 1,5m^2 (2050x790 mm) e são instalados de maneira horizontal no telhado. A ligação entre colectores é feita em série. Na presença de mais de quatro a cinco colectores em série, observa-se uma baixa de pressão importante nos tubos em curva no absorsor, o que obriga a adaptar as condições de circulação do fluído ou instalar um canal de retorno.

Colocação do campo de colectores

A colocação e dimensões do campo de colectores devem ser desenhadas juntamente com o desenho ou imagem do local onde será feita a instalação. No caso de ser uma habitação, devem ser desenhadas com a imagem da habitação. Deve-se sempre indicar com cuidado quais as dimensões e escalas.

Conexão dos colectores

Os colectores K6 são instalados de forma horizontal mas entre si na vertical. O número de colectores dispostos verticalmente em série está limitado pela perda de pressão do fluído que circula dentro dos tubos do colector. O número de colectores que é possível ligar em série depende do diâmetro dos tubos e da velocidade do fluído circulante. O número máximo de colectores em série, em função da velocidade do fluído circulante e do diâmetro dos tubos, está indicado na tabela 2.5:

Tabela 2.5 Número máximo de colectores em função do diâmetro das tubagens dos absorsores e do fluxo de circulação do fluído

Diâmetro dos tubos dentro dos absorsores	Fluxo elevado > 30L/m^2/h	Fluxo médio 20 a 30L/m^2/h	Fluxo reduzido < 20 L/m^2/h
d = 12mm	1-3	3-4	4-5
d = 15mm	1-5	5-7	7-10

Geometria do Campo de Colectores e Ligações

Quando se procede ao dimensionamento de um campo de colectores é necessário considerar qual será a geometria dos colectores para que este esteja em equilíbrio hidráulico. Para que o sistema solar funcione correctamente é importante que cada m^2 do colector seja irrigado com a mesma quantidade de líquido. Caso isso não aconteça, partes do campo de colectores aquecerão mais que outras devido a diferentes fluxos de líquido (fluído térmico), podendo causar estragos nos colectores por sobreaquecimento. Os colectores podem então ser ligados em série ou em paralelo.

A ligação dos colectores em série, como representado na figura 2.2, implica a entrada do fluído feito na parte inferior do colector e a saída na parte superior. Portanto, o fluído entrará pelo colector nº1 na sua parte inferior, percorrerá o seu percurso dentro do colector e sairá pela parte superior, voltando a entrar no colector 2 novamente pela parte inferior e repetindo o ciclo até ao fim dos colectores.

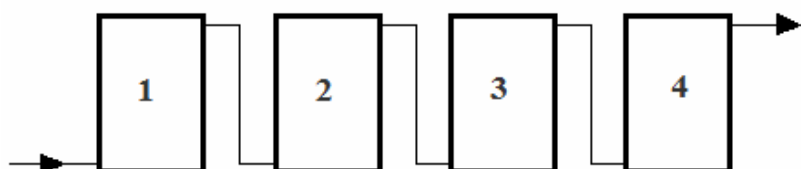



Figura 2.2 Ligação em série de colectores em disposição horizontal. Disposição vertical é possível também.

Este tipo de ligação implica que o colector 2 funcionará com uma temperatura de entrada de água superior à que funcionou o colector 1, o que se repetirá para os outros colectores. Isto reduz a eficiência total do sistema porque com a subida de temperatura os colectores têm eficiências inferiores. Ainda devido a esta subida de temperatura, os últimos colectores da série têm tendência a sofrer um desgaste superior e a reduzirem o seu tempo de vida.

As perdas de carga dependem do número de colectores ligados em série, pois o total das perdas de carga numa ligação em série é a soma das perdas de carga de cada um dos colectores. Isto implica que a potência da bomba que fará este fluído circular, aumentará substancialmente com o aumento do número de colectores.

Ligação em Paralelo
No caso de ligações em paralelo, como representado na fig 2.3, a queda de pressão será igual para todos os colectores, mantendo a potência da bomba de circulação a mais baixa possível.

A desvantagem prende-se com o comprimento de tubagens que é necessário utilizar neste tipo de ligação, o que encarece o custo do sistema e dificulta a sua instalação.

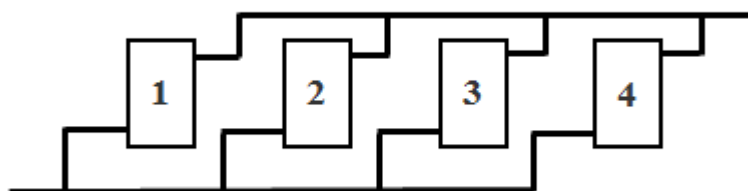



Figura 2.3 Ligação em paralelo de colectores

A entrada de água fria será feita pelo lado esquerdo da figura, dividindo-se para o colector 1 a 4. Aquecerá em cada um deles e juntar-se á no topo.

A figura 2.4 demonstra uma ligação correcta e incorrecta, que pode levar a problemas no fluxo de fluído térmico que circula nos colectores. Aqui são apresentadas ligações de colectores com diferente número de colectores ligados em série e em paralelo.

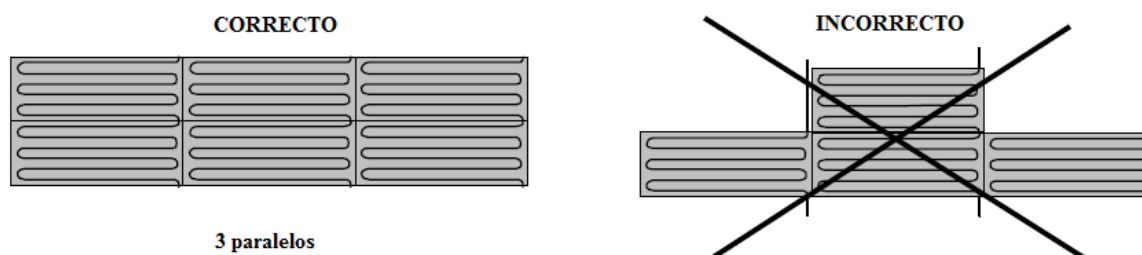



Figura 2.4 Exemplo de ligação em equilíbrio hidráulico à esquerda e em desequilíbrio à direita;

A imagem do lado esquerdo é composta por 3 paralelos e 2 em série. A do lado direito, por 3 paralelos mas com número diferente de colectores em série por cada paralelo. O problema da configuração da direita é que a água terá tendência a seguir o caminho de menor resistência e distribuir-se-á para os colectores da esquerda e direita, e em menor quantidade ou mesmo nenhuma para os dois dispostos em série no centro.

Simultaneamente os tubos à entrada e saída devem percorrer a mesma distância por cada paralelo. Assim sendo existem três maneiras possíveis de satisfazer estas condições, em que X corresponde ao número de colectores na horizontal e Y corresponde ao número de colectores na vertical.

1) Ligação em alimentação invertida.

Paralelo com alimentação invertida

Figura 2.5 Alimentação invertida; Fonte: Manual Instaladores Solares Térmicos INETI

2) Em distribuição central.

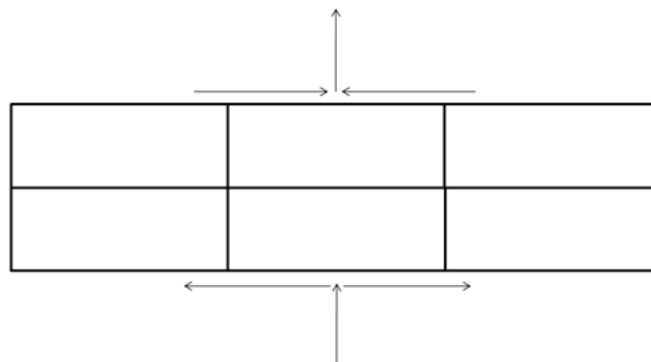



Figura 2.6 Distribuição Central

3) Em paralelo de canais.

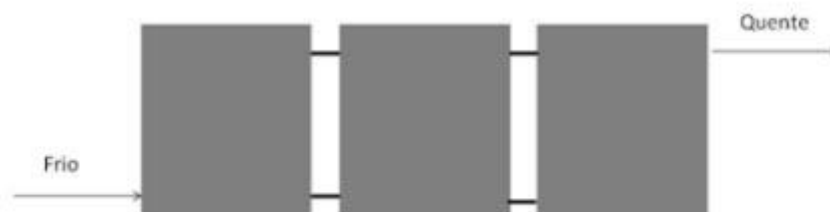



Figura 2.7 Paralelo de canais

Definir o débito de circulação do fluído

O fluxo de circulação do fluído térmico é outra das variáveis que tem de ser bem definida para garantir um funcionamento óptimo da instalação. Caso seja demasiado baixo, o fluxo será laminar. Em caso de fluxo laminar, a troca de calor entre o tubo e o fluído será menor do que no caso turbulento. Neste caso, o colector aquecerá mais, perderá rendimento e terá maior risco de um sobreaquecimento.

O número de colectores ligado em série pode também impedir o funcionamento em “fluxo elevado”, porque para ter um fluxo elevado é necessária uma bomba com uma potência superior.

Foi já apresentado anteriormente uma tabela (2.5) com o número de colectores máximo a ligar em série, em função da velocidade do fluído nas tubagens e o diâmetro das mesmas.

Precauções contra a dilatação térmica

Num campo de colectores com uma disposição em que o comprimento seja muito grande (10 metros por exemplo), é necessário ter cuidado com a dilatação dos tubos de cobre. Um tubo de cobre sofre uma dilatação de 1,7mm/m por ΔT = 100ºC. Para prevenir contra esta dilatação utilizam-se componentes de prevenção de expansão. Estes componentes devem ser colocados a todos os 4/5m (figura 2.8). No entanto, é possível reduzir bastante o número de componentes, caso se utilize a distribuição central em vez da alimentação invertida.

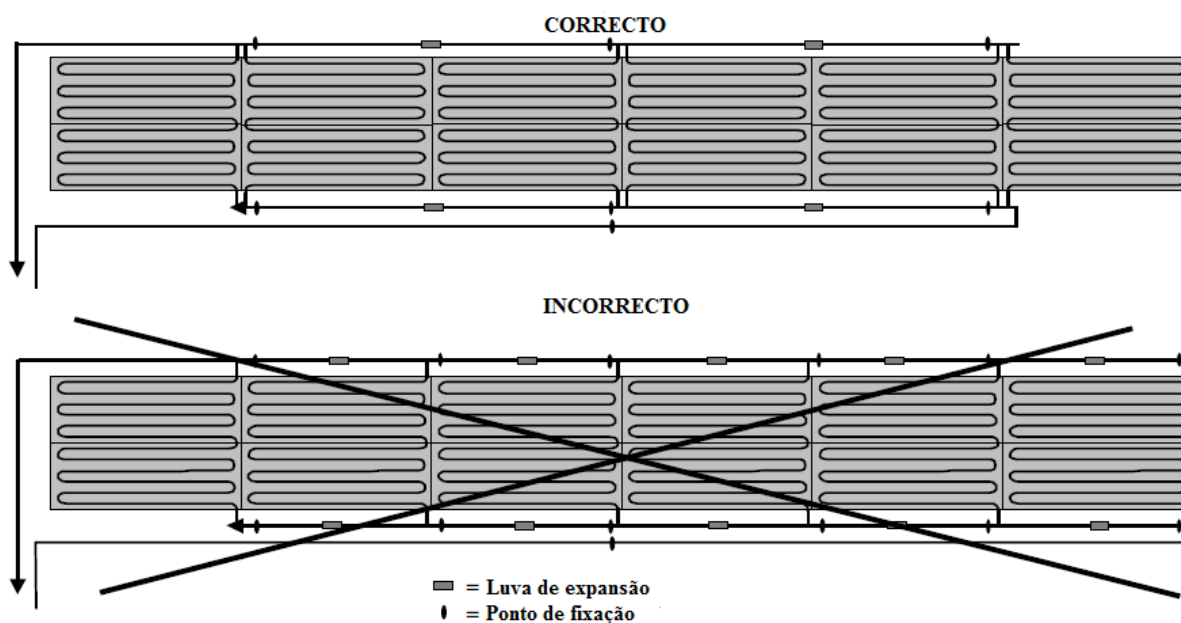



Figura 2.8 Disposição de componentes de prevenção de expansão por dilatação térmica

2.4 Conceitos de acumulação de água (depósitos) e de conexão

Os depósitos solares são utilizados em estratificação. Por estratificação entende-se o caso de um depósito que contém água com diferentes temperaturas e a água quente tem tendência a subir (local onde será efectuada a saída de água para o consumo), devido à sua densidade inferior, e a mais fria a manter-se na parte inferior do depósito. Nesta parte inferior do depósito estará a entrada de água fria da rede e o tubo de saída do permutador.

A solução standard no caso de uma instalação de preparação de água quente sanitária e de apoio à climatização em simultâneo, é composta por um depósito solar prefabricado com um acumulador integrado para a água quente sanitária (reservatórios combinados).

No caso de sistemas em que se pretende aquecer apenas a água para o consumo e não dar um apoio à climatização, a situação mais comum é a utilização de um depósito com uma ou duas serpentinas já instaladas no seu interior, que fará a troca de calor entre o fluído térmico aquecido nos colectores e a água que se encontra no depósito. A figura 2.9 seguinte apresenta um esquema simplificado de um destes depósitos.

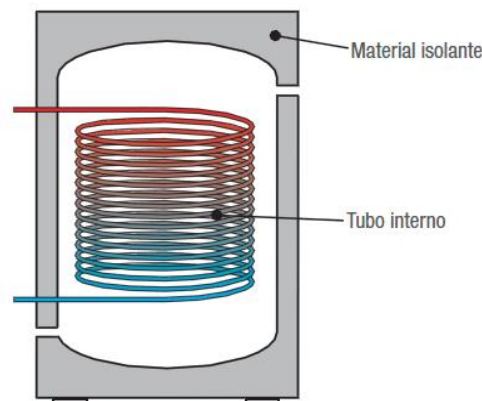



Figura 2.9 Depósito com uma serpentina, Fonte: “Solarorkli”

Opções para acumulador e apoio

O depósito ou acumulador deve ser, dentro das possibilidades, instalado na sala das caldeiras (caso exista uma). Caso exista este espaço, é necessário determinar a dimensão disponível para a instalação do depósito e se apresenta algum problema na passagem das tubagens.

No entanto é possível que não exista, no caso de uma habitação, local disponível no interior da mesma para instalar o depósito. Nesse caso, outro local no exterior terá que ser procurado. Caso o local escolhido não estiver protegido dos elementos do clima (chuva, vento, neve, etc.), deve ser feita uma estrutura para abrigar o depósito e prolongar assim o seu tempo de vida.

Passagem das condutas

A dimensão das condutas e o espaço para o isolamento devem ser determinados com cuidado e atenção. É aconselhável fazer um desenho claro com a localização das passagens das condutas. É também importante considerar dilatações térmicas das tubagens.

Tem que se planear então as seguintes ligações:

- **Circuito Solar:** Ligação colector – depósito
- **Circuito de aquecimento:** Assegurar que as ligações são bem efectuadas
- **Sanitário:** Montagem da misturadora termoestática

Regulação e controle

Existem no mercado vários tipos de reguladores com qualidade. A Sebasol recomenda utilizar uma regulação o mais simples possível, mas que contenha as seguintes funções:

- **On –off:** regulável para uma diferença de temperatura já discutida anteriormente entre o fluído à saída do campo de colectores e o depósito;
- **Arrefecimento**: o regulador deve conter uma forma de gestão de sobreaquecimentos;
- **Protecção da bomba**: a partir de uma certa temperatura máxima nos colectores, a bomba deverá desligar-se para evitar que o vapor circule e provoque desgaste ou estrague a bomba;
- **Opções:** a regulação pode ainda fornecer informações sobre o número de horas de funcionamento da bomba e diferentes temperaturas da instalação (depósito, entrada e saída do campo de colectores, etc.).

Esquema da instalação

Salvo excepções necessárias, aconselha-se a utilizar e seguir um dos esquemas standards apresentados pela Sebasol no seu manual. Os mesmos foram transpostos para este documento para servirem de demonstração dos vários tipos de instalações possíveis de executar. Os esquemas foram mantidos na sua língua original, o francês, e todos os créditos e referências à Sebasol foram mantidos nos mesmos (Anexos 6 a 8).

Legionellas

Por questões de higiene e de saúde, o conteúdo do depósito solar deve ser aquecido a uma temperatura de 55º a 60ºC. Isto é necessário para garantir que a água do depósito não fique estagnada tempo suficiente a temperaturas que promovam que certas bactérias, como a Legionella, se desenvolvam.

As Legionellas são bactérias que podem provocar uma doença conhecida como a doença do legionário. Esta doença apresenta sintomas semelhantes a uma pneumonia e na maioria dos casos os efeitos são mínimos para a saúde. No entanto, em casos graves, pode provocar a morte.

No caso de humanos, as Legionellas são apenas perigosas em situações em que se apresentem em grandes quantidades e sejam inaladas. Isto pode acontecer nas pequenas partículas de vapor, como por exemplo, num duche. Caso sejam ingeridas não apresentam qualquer tipo de risco para a saúde. Para garantir a segurança dos sistemas, o procedimento passa por não permitir que a água a temperaturas de cerca de 30 a 40ºC esteja estagnada durante períodos longos (mais de 3 dias) e periodicamente aquecer-se a água a 55º a 60ºC, temperatura à qual as bactérias morrem.

Conexão do acumulador solar a um acumulador existente

O esquema aqui apresentado diz respeito a uma situação que não é muito comum mas que vai de encontro à secção de dimensionamento apresentada mais à frente nesta tese. No caso de existir uma caldeira com reservatório já existente no local onde se pretende fazer a instalação solar térmica, é possível utilizar essa caldeira/acumulador como o apoio do sistema e simultaneamente como reservatório. A figura 2.10 ilustra esta situação.

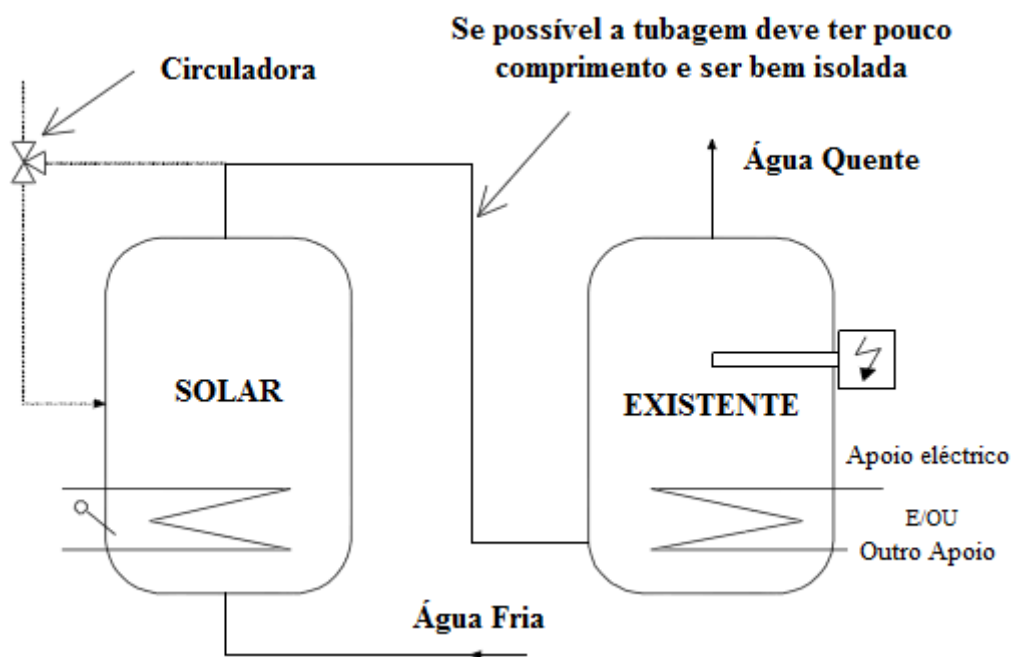



Figura 2.10 Ligação de um depósito solar a um depósito já existente, Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

O sistema é então constituído por dois depósitos: depósito solar e depósito existente.

O depósito solar é um comum depósito utilizado em qualquer instalação solar térmica, constituído por um permutador que transfere a energia do fluído térmico para a água existente no depósito (que entra pela parte inferior do depósito e é água da rede).

O segundo depósito, depósito existente, é um depósito que tem, interna ou externamente, um apoio eléctrico ou outro acoplado.

A ligação é feita em série entre o depósito solar e o depósito já existente. A vantagem desta configuração é que o segundo depósito serve de reservatório para o consumo.

Misturadora para a água quente
Especialmente no Verão, a temperatura da água dentro do depósito solar pode atingir temperaturas bastante superiores à temperatura de consumo (90ºC por exemplo). Não se pode fornecer água para o consumo a esta temperatura pelos riscos de queimadura inerentes. Por esta razão, é necessária a existência de uma válvula misturadora termoestática. A função desta válvula é a de misturar água fria com a água quente que sai do depósito e se dirige para o consumo quando a temperatura da água que sai do depósito é demasiado elevada. Esta válvula está normalmente localizada à saída do depósito. No caso de existirem ligações de água quente do depósito solar a máquinas de lavar a loiça, a temperatura máxima de saída ronda os 55ºC. No caso de a utilização ser apenas para duches, como é o caso de um ginásio, esta ronda os 45ºC.

2.5 Protecção contra o sobreaquecimento

Os reservatórios solares térmicos não estão, de uma forma geral, preparados para um funcionamento óptimo a temperaturas superiores a 95ºC. Um critério muito importante para garantir que isto não acontece é a relação entre volume de depósito e área de painéis instalados. Se a área de colectores é exageradamente desproporcional face ao volume de depósito então a temperatura da água poderá ascender a valores demasiado altos (mais que 95ºC). Quando se espera que seja possível verificarem-se temperaturas excessivas no depósito, é necessário pôr em funcionamento medidas que impeçam ou previnam esta situação para não desperdiçar energia e especialmente manter a qualidade e o tempo de vida esperado dos depósitos e do sistema solar. De seguida, apresentam-se algumas formas de lidar com o sobreaquecimento:

- **Arrefecimento nocturno**

É possível arrefecer a água do depósito solar quando esta atinge temperaturas demasiado elevadas depois de um dia inteiro a absorver e transformar a radiação solar em energia térmica. Isto é conseguido mantendo o funcionamento da bomba de circulação do sistema solar térmico.

Porque a temperatura ambiente e a temperatura do céu estão mais baixas que a temperatura da água do depósito, ao transferir calor da água do depósito para o fluído térmico no permutador e fazendo passar este fluído pelos colectores, a temperatura do fluído diminuirá devido a perdas por condução e radiação para o exterior.

Também é possível utilizar dois permutadores acelerando o processo de arrefecimento da água do depósito ou ainda através da utilização de uma bomba que promoverá a destratificação da água do depósito. A figura 2.11 apresenta um esquema desta situação.

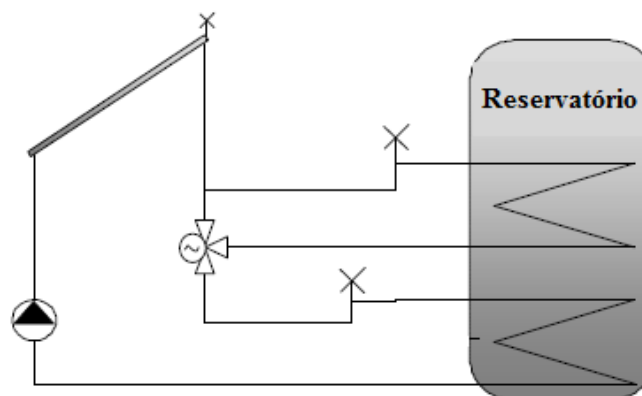



Figura 2.11 Arrefecimento nocturno, Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

Como se pode ver na figura, dois permutadores estão ligados em série de forma a acelerar o processo de diminuição de temperatura da água do depósito solar.

- **Segurança térmica através de cano de descarga**

É possível também proceder ao arrefecimento da água do depósito solar através da ejecção de água através de um tubo/cano de descarga. Nesta situação, quando a temperatura da água atinge os valores limites que o depósito permite, a água é descarregada do depósito através de um cano. Com a entrada de água fria, que se mistura com a restante água quente do depósito, a água dentro de depósito arrefece para valores de funcionamento adequados. Existe uma válvula, chamada de válvula de descarga, que regula este funcionamento.

- **Arrefecimento por utilizadores auxiliares (radiador por exemplo)**

Recorre-se também a outras aplicações auxiliares para arrefecer o depósito solar. Algumas hipóteses são: utilização de energia para aquecimento de piscinas, radiadores, etc. O controlo pode ser feito manualmente mas idealmente utilizam-se sistemas automatizados.

- **Rendimento térmico diminuído através de função pêndulo**

Através da interrupção e reinício do sistema solar térmico é possível também arrefecer a água do depósito solar. O processo passa por desligar a bomba de circulação sempre que a temperatura da água dentro do depósito atinge cerca de 90ºC e reiniciá-la apenas quando a temperatura desce 10ºC. A descida da temperatura no depósito deve-se à inexistência de permuta de calor entre o fluído e o depósito (porque a bomba não está a funcionar), às perdas térmicas que são inerentes ao depósito e às perdas do circuito solar (água quente no interior de tubagens, mesmo que isoladas, também sofre uma descida de temperaturas).

2.6 Dimensionamento de componentes

Os componentes do sistema solar térmico, para um bom funcionamento da instalação, devem estar dimensionados de acordo com a superfície dos colectores e as dimensões da instalação. A Sebasol propõe a utilização dos valores que se apresentam na tabela 2.6 para os vários componentes do sistema solar:

Tabela 2.6 Dimensionamento de componentes de acordo com informações da documentação técnica da Sebasol

<table>
<tr><th>Superfície dos colectores</th><th>Condutas (d_{ext}/d_{int})</th><th>Vaso de expansão</th><th>Bomba de circulação</th></tr>
<tr><th>m^2</th><th>mm</th><th>Litros</th><th>-</th></tr>
<tr><td>3-6</td><td>15/13</td><td>35</td><td rowspan="4">UPS 25-40
a
25 -60
ou equivalente</td></tr>
<tr><td>6-9</td><td>18/16</td><td>35-50</td></tr>
<tr><td>9-12</td><td>18/16</td><td>50</td></tr>
<tr><td>12-24</td><td>22/20</td><td>50-80</td></tr>
<tr><td>24-45</td><td>Cu 28</td><td>30m^2 -> 80
45m^2 -> 110</td><td rowspan="2">UPS 25-60
a
25 -120
ou equivalente</td></tr>
<tr><td>45-90</td><td>Cu 35</td><td>50m^2 -> 140
65m^2 -> 200
90m^2 -> 280</td></tr>
</table>

2.7 Inicialização do sistema

Fluído térmico

De acordo com informações obtidas no documento técnico da Sebasol, o fluído térmico deve conter uma mistura de pelo menos 35% de glicol (antigel) e deve ser introduzido nos colectores com o auxílio de uma bomba.

Condutas e o seu isolamento

O isolamento a utilizar nas condutas deve ser bastante resistente, visto que o fluído térmico pode ascender a elevadas temperaturas. A Sebasol propõe diferentes espessuras de isolamento de acordo com a distância que a tubagem percorre. A tabela 2.7 seguinte é adaptada da documentação técnica da Sebasol.

Tabela 2.7 Espessura do isolamento em função de comprimento da tubagem e diâmetro do tubo

Comprimento da conduta (m)	Diâmetro do tubo (mm)				
	12	15	18	22	28
30	20 mm	25 mm	30 mm	30 mm	40 mm
50	25 mm	30 mm	30 mm	30 mm	30 -40 mm
70	30 mm	30 mm	40 mm	50 mm	50 mm

Por outro o lado, o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios (RCESE) define que em Portugal, as espessuras de isolamento devem ser definidas de acordo com a temperatura do fluído e apresenta a seguinte tabela:

Tabela 2.8 Espessura do isolamento de acordo com o RSECE

Diâmetro exterior (em milímetros)	Temperatura do fluido (em graus centígrados)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

3. Construção do Colector

Este capítulo e o seguinte destinam-se a mostrar a construção do colector selectivo K6 da Sebasol: as ferramentas, os materiais utilizados e as dimensões do colector.

Ferramentas

- 1 mesa para dobragem dos tubos
- 1 ou 2 mesas de soldadura com 2 ou 4 cavaletes
- 2 ou 4 maçaricos de soldar e botijas de gás.
- Pequenos diversos materiais

Lista de Materiais

- **Placa de cobre mole**: 4 placas de 750x510 mm de cobre tratadas selectivamente com 0,22 mm de espessura;
- **Tubos de Cobre**: 15/1 mm com 12,5m de comprimento por absorsor (rolos de 50m);
- **Solda de Estanho**: L-SnCu3, φ 3 mm, aprox. 600gr/absorsor;

Dimensões dos colectores

A figura 3.1 mostra as dimensões de um absorsor K6 selectivo: os tubos em cobre são dobrados sobre a mesa de dobragem e de seguida soldados sob as 4 placas de cobre (na face não selectiva). As medidas são apresentadas em mm.

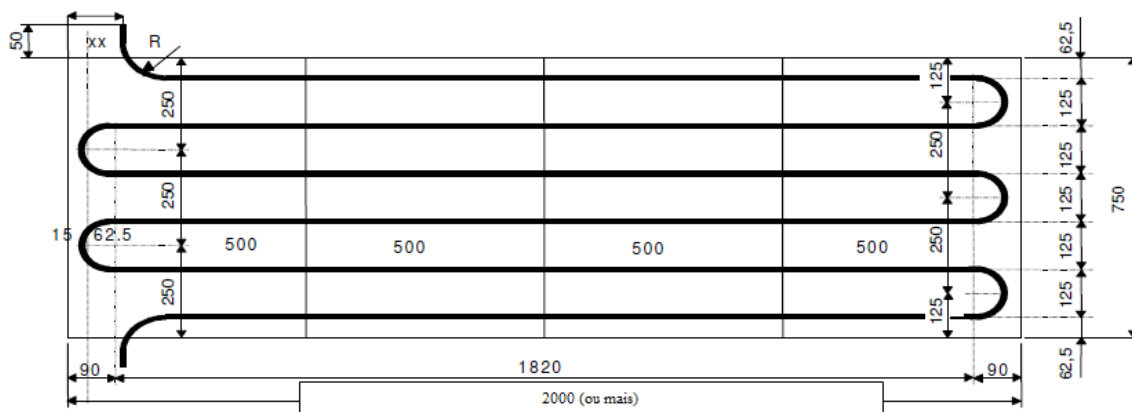



Figura 3.1 Dimensões do absorsor; Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

A distância da dobra do tubo (xx) ou raio de curvatura (R), na entrada e saída, são uma decisão do autoconstrutor. No entanto, aconselha-se a que a distância xx seja curta. Isto é aconselhado porque, como se pode ver pela figura 3.2 seguinte, caso a distância seja elevada existe uma zona elevada de perdas. Existe portanto uma área considerável de placa absorsora que não está em contacto com o tubo de cobre e não pode desta forma transferir a sua energia para o fluído que circulará no interior da tubagem.

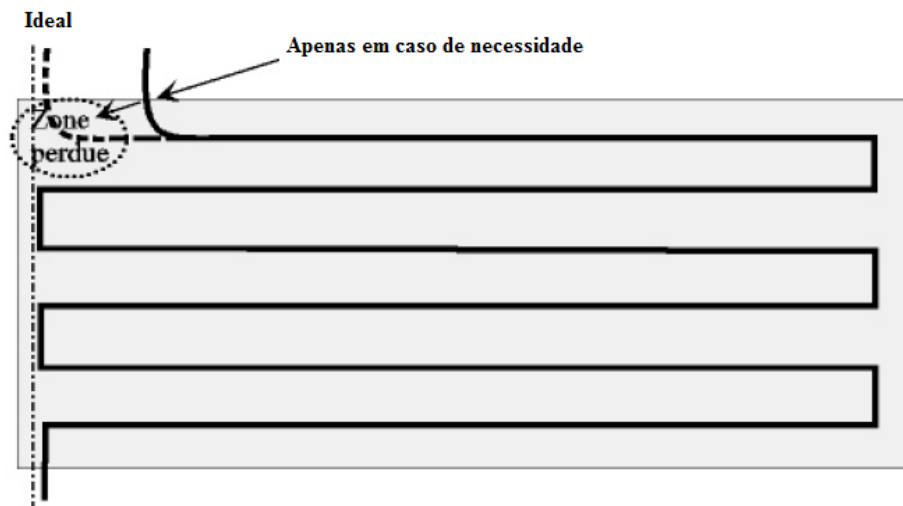



Figura 3.2 Importância de explorar toda a superfície da placa absorsora; Adptado: Documentação Técnica da Sebasol

Uma vez que é escolhida uma distância "xx" deve-se manter a mesma distância para todos os outros absorsores que se construírem para a instalação em questão. Caso isso não aconteça, terá que ser adicionada tubagem e tubos de correcção à instalação para poder ligar os vários colectores. Ainda, na figura 3.3 é possível perceber outro problema que pode decorrer se não se construir todos os absorsores de forma semelhante.

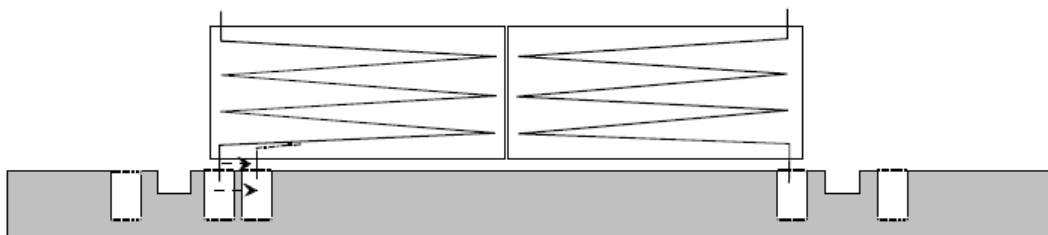



Figura 3.3 Importância de construir todos os colectores de forma igual ou com medidas equivalentes; Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

O rectângulo cinzento na figura 3.3, em cima, representa a madeira do colector (caixa). Se os colectores não tiverem distâncias "xx" para a dobragem dos tubos à entrada e à saída iguais, os cortes na madeira para entrada e saída dos tubos (caso tenham sido replicados a partir do primeiro) terão que ser corrigidos.

3.1 Desenvolvimento da construção do absorsor

Antes da dobragem e soldadura dos tubos, é importante ter muito claro o dimensionamento do campo de colectores e especialmente as ligações a fazer entre os colectores.

Se no momento de dobragem dos tubos, as ligações a efectuar entre colectores ainda não forem conhecidas, não se dobra os tubos nas pontas e deixa-se direitos. Simultaneamente não se solda aí os tubos à placa absorsora para permitir que estes sejam dobrados mais tardes com recurso a uma curvadora manual.

Necessidades de pessoal
Para a construção do absorsor, é necessário ter no mínimo duas pessoas na oficina. A repartição de trabalho faz-se da seguinte maneira:

- 2 pessoas dobram os tubos e preparam-nos para a soldadura
- 2 pessoas soldam os tubos à placa absorsora (4 pessoas se existirem maçaricos suficientes)
- 1 pessoa que limpa os absorsores após a soldadura.

Regra geral existe uma mesa para dobrar os tubos (curvadora) e uma mesa de soldadura à disposição, pelo que é possível ter cerca de 5 a 10 pessoas a trabalhar em simultâneo.

Dobragem dos tubos

Para o desenrolar, dobragem e corte dos tubos de cobre, são necessárias no mínimo duas pessoas. A primeira vai desenrolando o tubo do rolo que a outra segura. Os seguintes pontos devem ser respeitados:

1) Desenrolar

O tubo de cobre é desenrolado directamente sobre a tábua. Numa conexão normal de colectores, o fim do tubo (depois de desenrolado) deve passar 5cm os círculos de curvatura existentes no fim da mesa. Se se pretende atravessar o telhado na instalação para fazer os tubos circularem por dentro da habitação (sótão) então a distância deve ser de 15cm. Em algum caso, se deve passar os 20cm para além dos círculos de curvatura sob pena de não se conseguir fazer quatro serpentinas com um rolo de 50m. Um rolo de tubo de cobre de 50m dá para fazer exactamente quatro absorsores.

Figura 3.4 Desenrolar e dobrar os tubos por cima da mesa; Fonte: Documentação Técnica da Sebasol

2) Tubo espalmado/retorcido

Aquando do desenrolar do tubo é necessário ter cuidado para não deixar fique retorcido ou espalmado sobre a mesa de dobragem. Se isso acontecer pode impedir a normal circulação do fluído na tubagem.

3) A dobragem/curvatura

A dobragem ou curvatura dos tubos, que ficarão sob a forma de serpentina, é feita nas pontas da mesa. Na ponta, existe um metal em forma de círculo que serve de alavanca, e o tubo deve ser desenrolado à volta deste círculo. Em cada lado existem pelo menos dois para se poder dar a curvatura ao tubo. A figura 3.5 apresenta um pormenor dos círculos que funcionam como alavancas para curvar os tubos.

Figura 3.5 Alavanca de dobra dos tubos

4) Corte do tubo

O fim do tubo deve ultrapassar a mesa de dobragem por uma distância de 10cm tal como o início do mesmo.

O corte faz-se com uma máquina de cortar tubo. O tubo é introduzido dentro do aparelho que tem uma lâmina no seu interior. Aperta-se o aparelho para a dimensão do tubo e roda-se até se sentir que o tubo está a ser cortado. Aperta-se outra vez e repete-se o procedimento até o tubo sair cortado de forma própria.

Figura 3.6 Corte dos Tubos, Fonte: Documentação Técnica da Sebasol

Preparações antes de soldar

1) **Preparar a mesa de soldadura e os maçaricos**

Colocar a parte superior da mesa de soldadura (com as fixações para os tubos por cima) em cavaletes ou sobre uma mesa resistente. Colocar os tubos nas fixações. É necessário ter cuidado ao instalar o tubo de modo a não ser dobrado ou esmagado. Colocar a bobina sobre a mesa, lado convexo redondo para cima, de modo a que os círculos curvos se apoiem nas placas. Ajustar de seguida a prensa por cima.

2) **Limpeza e lixar a peça bruta**

Com uma escova de arame inserida num berbequim ou à mão com palha-de-aço fina, limpar a superfície até que a superfície destinada a ser soldada apresente o brilho metálico característico.

3) **Colocação de placas de absorção**

As quatro placas de cobre tratadas são dispostas com o lado preto voltado para baixo em cima do tecido resistente ao fogo. As placas em bom estado não devem ser lixadas, ao contrário das sujas, e os bordos pretos das placas devem ser lixados até atingirem o branco metálico. As placas devem ser ajustadas ao bordo da mesa e devem sobrepor-se de forma igual. Em cima da mesa de soldadura, é a placa de madeira que fica por debaixo com 75cm x 2m, o que dará as dimensões do absorsor.

4) **Aplicação do desoxidante e soldadura das placas**

O desoxidante deve ser aplicado de forma contínua e suficiente, nas regiões onde se pretende que a solda adira bem ao cobre, em particular, nas regiões próximas do contacto entre as peças a soldar (no caso o tubo e a chapa). Depois de se ter aplicado o desoxidante, deve-se imediatamente continuar com o trabalho até que o absorsor esteja totalmente soldado e limpo com água, uma vez que o decapante agride a camada de metal e a cobertura selectiva, e portanto deve ser soldado na placa de seguida, ou então ser aplicado só mais tarde.

5) **Cuidado com negligências.**

Nunca demorar muito tempo na operação quando os tubos já estão preparados para soldar (uma pausa chega). Nunca aplicar o decapante até à junção de chapas, uma vez que por capilaridade passa para o outro lado e ataca a camada selectiva. Não soldar a 5mm de cada lado da união das placas: a ausência de um centímetro de estanho não influencia o desempenho do absorsor.

6) **Nunca soldar o cotovelo a 45º**

Uma certa elasticidade é necessária para a expansão e ajuste dos absorsores na conexão com o telhado.

Algumas indicações são dadas de seguida para os trabalhos na mesa de soldar, de forma a garantir a qualidade dos absorsores e para que as características do absorsor sejam semelhantes à do colector testado pela Sebasol.

1) **Voltar a parte superior da mesa de soldadura**: ao instalar o topo da mesa de soldadura é necessário ter cuidado com o tubo de modo a ser devidamente colocado nos suportes. As partes do tubo mal colocadas podem ser esmagadas pela prensa e ficarem inutilizáveis.
2) **Montagem da parte superior (grampos de aperto)**: É preciso ter cuidado para que os grampos de aperto não esmaguem os tubos durante a montagem.
3) **Adaptação e moldagem do tubo de cobre**: a placa resistente ao fogo é semi-rígida e pode ceder ligeiramente, podendo aparecer uma pequena diferença entre a folha e o tubo, o que exigiria uma soldadura com espessura 2-5mm. Para evitar esta situação, deve-se martelar o tubo para o unir o mais possível à placa. Para martelar, usa-se um maço de madeira com uma

espécie de cinzel construído para o efeito (com a extremidade em semicírculo com um diâmetro de 12 ou 15mm segundo o tipo de tubo utilizado), também de madeira.

4) **Soldadura a cobre do tubo à placa**: para a soldadura utilizar um maçarico (a gás propano) com a técnica de solda capilar.

5) **Processo de soldar**: no início começar a soldar partindo do meio para as extremidades do tubo. As curvas são soldadas apenas no final de modo a permitir que o tubo se expanda sempre à vontade.

6) **Utilização de solda**: não é preciso usar solda em grandes quantidades. O problema de transferência de calor encontra-se na placa de absorção e não no material da soldadura.

A figura seguinte (3.7) serve apenas para mostrar e clarificar como é a mesa de soldar, e como se processa a situação descrita.

Figura 3.7 Mesa para soldar tubos e placas selectivas.

Após todo este processo descrito anteriormente de dobra, corte e de soldar os tubos às placas selectivas, o aspecto final de um absorsor mostra-se na figura 3.8.

Figura 3.8 Placas e tubos soldados

3.2 Construção do colector K6

Para efeitos demonstrativos foi construído um colector com base nos planos fornecidos pela Sebasol. É importante referir que, no caso da construção de um campo de colectores, existirão vários colectores ligados uns aos outros e portanto a estrutura que envolve o colector que se demonstra de seguida não é exactamente igual. Nomeadamente, a madeira que serve de estrutura será colocada à volta do campo de colectores no seu todo e não à volta de cada um dos colectores. A figura seguinte (3.9) mostra um campo de colectores e a figura 3.10 apenas um colector

Figura 3.9 Campo de Colectores, Fonte: Fotografia de uma instalação realizada num lar na Suíça

Figura 3.10 Fotografia do colector terminado

Após a dobra dos tubos e a soldadura à placa absorsora é necessário construir e montar todo o resto do colector: caixa, isolamento, vidro, suportes, fixações, entre outros. De seguida apresenta-se uma lista dos materiais utilizados para construir o colector e o preço para cada um destes materiais (figura 3.11).

Material	Unidade	Quantidade	€/un	Total €
Absorsor				
Folha Selectiva 510x750x02	Peça	4,0	17,6	70,6
Tubos de Cobre (15mm)	m	12,5	3,2	39,8
Caixa e Base				
Madeira Pinho Nórdico (40x100x2500)	Peça	4,0	6,0	24,0
Placa OSB (15x1220x2440)	Peça	1,0	12,0	12,0
Isolamento lã de vidro	m2	1,7	6,8	11,3
Vidro e Suportes				
Vidro temperado (2036x820mm)	m2	1,7	27,0	45,1
Tira Silicone para vidro	m	2,1	2,4	4,9
Perfil de aluminio (820mm)	Peça	2,0	4,1	8,1
Perfil EPDM preto	m	1,6	3,8	6,0
Perfil em U para perfil alumínio	m	1,6	2,1	3,3
Apoios para Vidro	Peça	5,0	1,3	6,5
Total				231,5
Outros				
Botija de gás, decapante, parafusos	5% do valor total			11,6
Total do preço do colector				**243**

Figura 3.11 Mapa de quantidades do colector3.11

Definição do plano de trabalho e dimensões do colector

Depois de soldar os tubos de cobre às placas selectivas não é necessário, para construir o colector, mais do que as simples e comuns ferramentas existentes em qualquer oficina.

Para ter uma ideia de como as várias peças se ligam, decidi colocar o OSB (a base do colector) no chão e colocar as várias peças, incluindo o isolamento e os perfis de alumínio para ficar com uma ideia das dimensões (Fig. 3.12).

Figura 3.12 Disposição para visualização

De seguida coloquei o absorsor sobre esta estrutura para perceber qual a sua dimensão relativamente às madeiras (fig. 3.13)

Figura 3.13 Disposição com placa absorsora

Depois de obter uma ideia geral de como as várias peças se organizavam na construção do colector, iniciou-se o processo de medições das madeiras para se poder efectuar os vários cortes necessários para a entrada e saída dos tubos de cobre por onde circulará o fluído térmico, bem como os cortes para a colocação dos perfis de alumínio e sonda de temperatura. A figura 3.14, mostra uma perspectiva longitudinal das madeiras e do local onde foram feitos os cortes.

Figura 3.14 Perspectiva longitudinal da caixa de madeira para localização dos cortes, Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

Como se pode verificar, a figura 3.14 mostra os locais e dimensões dos cortes a fazer na madeira mas para o caso onde se colocariam três colectores lado a lado para uma instalação num telhado.

O caso em questão pressupõe apenas a realização de um colector e não três. Desta forma a figura 3.14, foi adaptada para este caso específico (figura 3.15).

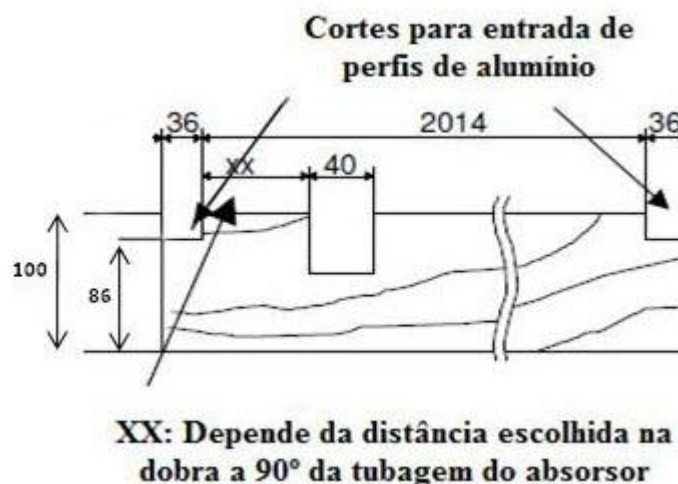



Figura 3.15 Adaptação da figura 3.14 para um colector; Adaptado: Documentação Técnica da Sebasol

Portanto nesta figura, os cortes de 36mm em cada lado correspondem aos cortes para entrada dos perfis de alumínio que evitarão que a água se infiltre no colector e que suportam o vidro. Ainda relativamente a estes cortes, é necessário referir que a profundidade do corte é muito importante. Como se pode ver na figura, os cortes têm uma profundidade de 14mm. Caso o corte não tenha esta dimensão, o perfil de alumínio não ficará nivelado com o resto da madeira e o vidro quando assentar terá uma folga entre o próprio e a madeira, não permitindo assim a atmosfera óptima dentro do colector (por troca de calor com o exterior) e o rendimento térmico do colector será inferior. A figura 3.16 mostra os cortes na madeira de acordo com as dimensões da figura 3.15 e o aparafusar das madeiras inferiores e superiores às laterais para formar a caixa, recorrendo a parafusos de latão.

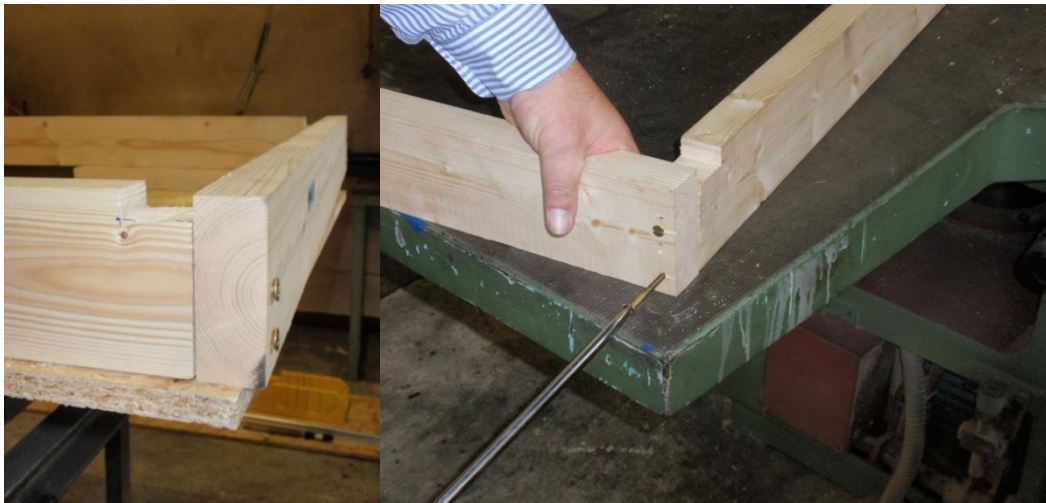



Figura 3.16 Pormenor de corte para perfil de alumínio e aparafusar

Cortes para entrada e saída de tubos de cobre

Ainda referenciando a figura 3.15, é necessário fazer uma entrada no barrote de madeira inferior e uma saída no superior (40 mm na figura). A profundidade deste corte dependerá da quantidade de isolamento utilizado. A quantidade de isolamento recomendado é de 50mm, pelo que o corte para a entrada e saída dos tubos, nestas condições, seria de 50 mm (altura da madeira é de 100mm). A figura 3.17 apresenta o pormenor do corte feito para a entrada e saída do tubo de cobre.

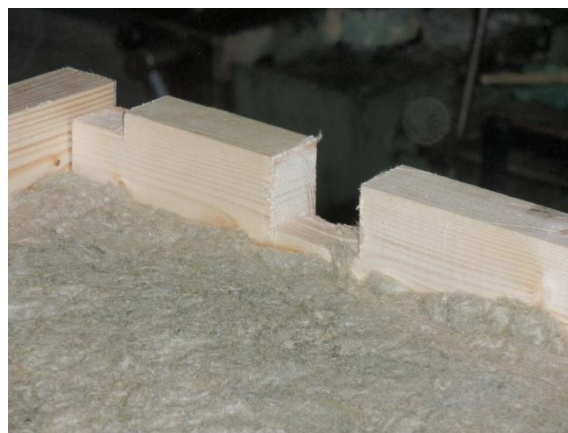



Figura 3.17 Corte para saída da tubagem

A distância a que o corte deve ser feito depende então da distância a que se curvaram os tubos de cobre (90º), já referido anteriormente como a distância xx.

Placa OSB e Isolamento

Depois de terem sido feitos os cortes nos barrotes de madeira que constituem as partes laterais, inferior e superior, é necessário aparafusar a placa OSB que servirá de base para o colector. O colector foi virado ao contrário, a placa aparafusada e novamente virado para se colocar o isolamento. Como já referido anteriormente o isolamento deve preencher e cobrir toda a base do colector e subir até uma altura de 50mm (figuras 3.18 e 3.19). Por cima deste OSB, mais tarde, será colocada a placa absorsora.

Figura 3.18 Imagem da caixa com isolamento já colocado

Figura 3.19 Colector virado de forma a se ver o OSB

Colocação dos perfis de alumínio e suportes para o vidro

Os perfis de alumínio foram então colocados sobre os cortes que já tinham sido feitos nas laterais e aparafusados para ficarem fixos à estrutura (fig 3.20). O propósito dos perfis de alumínio é simultaneamente servir de suporte ao vidro e impedir a passagem de água para dentro do colector devido à sua forma. Foram colocados de seguida os suportes para apoiar o vidro na parte inferior do colector e foi colocada uma tira de silicone em forma de E, exemplo na figura 3.21, para impedir a

passagem de ar (por baixo destes suportes), e ainda por cima dos suportes onde assentará o vidro para impedir o contacto directo do mesmo com o alumínio e evitar que se rache ou parta.

Figura 3.20 Perfis de alumínio e suporte para vidro à esquerda e direita na imagem respectivamente

O número de suportes colocados foi de cinco. A distância entre cada um deve ser relativamente reduzida (30 a 40cm), de forma a garantir um bom apoio para o vidro e manter a consistência da estrutura.

Figura 3.21 Imagem de perfil de silicone em E; Adaptado: http://www.tesa.pt/consumer/solutions/tesamoll

A figura 3.22 mostra o suporte utilizado para o vidro.

Figura 3.22 Suporte para apoio do vidro

Sonda de Temperatura e Colocação da Placa Absorsora

Para permitir a entrada da sonda de temperatura teve que ser feito um novo corte na madeira, suficientemente profundo e largo para que se tornasse fácil o acesso à sonda. A figura 3.23 mostra a marcação onde foi feito o corte.

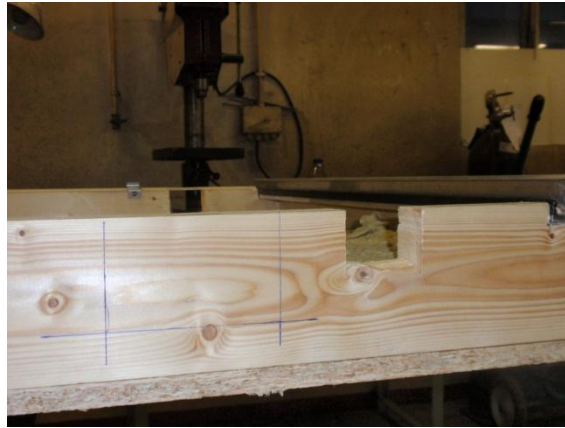



Figura 3.23 Marcação para entrada da sonda de temperatura

A placa absorsora foi de seguida colocada e as figuras seguintes mostram pormenores de vários ângulos da colocação da mesma.

Figura 3.24 Perspectivas da colocação da placa absorsora com pormenor de saída do tubo de cobre

Como se pode ver na figura 3.24, mais à direita, o tubo de cobre por onde circulará o fluído térmico sai do colector para o exterior. No caso de se utilizar este colector num sistema solar térmico, este tubo iria ligar ao resto da tubagem do circuito primário tal como na parte superior do colector, fechando o circuito. Depois através de um permutador de calor, seria possível aquecer água num reservatório.

Colocação do Vidro e das Gomas de Borracha

Após esta fase é necessário assentar o vidro sobre os perfis de alumínio (protegidos pela goma de borracha preta em U que se pode ver na figura 3.25), e sobre os suportes e a madeira.

Figura 3.25 Pormenor da goma de borracha preta em U onde assentará o vidro

A figura 3.26 mostra o vidro já assente sobre o resto da estrutura do colector.

Figura 3.26 Vidro assente na estrutura

É preciso garantir que o vidro assenta bem sobre os suportes, a madeira e os perfis de alumínio para que não existam entradas de ar que possam reduzir o rendimento térmico do colector.

Na figura 3.27 pode ver-se o pormenor da goma de borracha já colocada nos perfis de alumínio para impedir a entrada de água no colector, e nas figuras 3.28 e 3.29 vários ângulos do colector.

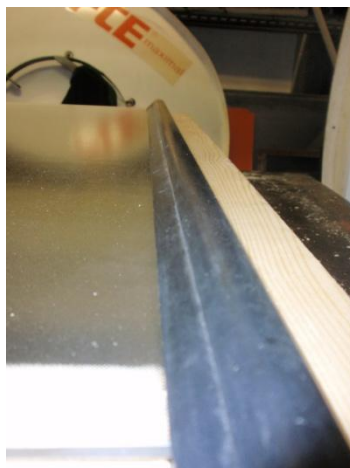



Figura 3.27 Goma de EPDM preto

Figura 3.28 Vistas do colector já montado

Figura 3.29 Colector montado

Protecção do Colector: água e humidade

Na conclusão do colector é necessário considerar que este vai estar sujeito às condições exteriores. Assim sendo, é necessário proteger o colector contra os seguintes elementos:

1) Chuva
2) Humidade
3) Choques

Relativamente aos choques a estrutura do colector está protegida, especialmente pelo vidro que é resistente ao choque. O real problema do colector que foi construído e mostrado nas figuras anteriores é a sua capacidade de resistir a infiltrações de água provenientes de chuva na parte superior do colector (por não ter nenhuma protecção além do peso do vidro sobre a madeira) e à humidade que pode corroer a madeira por esta não ter sido tratada.

Desta forma, o que se propõe para a protecção contra a chuva é a instalação de uma cantoneira na parte superior do colector. Uma cantoneira resume-se a uma estrutura metálica que é pregada ou aparafusada à estrutura de madeira, com um ângulo de 90º, e que protege a parte superior do colector da chuva. Quando chover, a água escorrerá pela cantoneira por cima do vidro, acabando por escorrer ao longo do vidro e não se infiltrando portanto no colector.

Por outro lado, a humidade é o outro problema grave e que é de extrema importância ter em conta para prolongar o tempo de vida do colector e o seu bom funcionamento. Para esta situação propõe-se a aplicação de uma tinta hidrofóbica para madeiras, que protege a madeira da humidade impedindo ou prolongado o processo de degradação e corrosão da mesma.

Rendimento térmico do colector

A Sebasol, desde que iniciou a sua actividade na promoção da tecnologia solar térmica em autoconstrução, tem vindo a testar e a elaborar planos para melhorar a eficiência e qualidade dos colectores solares que ensina a construir nos seus cursos, bem como reduzir os custos de produção de cada um. Os desenvolvimentos desta tecnologia são feitos por pessoas envolvidas com a Sebasol e que possuem vários anos de experiência na área do solar térmico.

Com o aumento da dimensão que a Sebasol sofreu ao longo dos tempos, sentiu a necessidade de obter uma segurança a nível da qualidade dos colectores que ensinava a construir. Desta forma, os colectores solares foram enviados para testes na SPF (Solartechnik Prufung Forschung) e o colector K6 SPF 172/EN12975 obteve os seus resultados como já referido anteriormente e que estão expostos em anexo.

Seria interessante analisar, dum ponto de vista teórico qual o rendimento térmico do colector. No entanto, a informação necessária ao cálculo deste rendimento requer informações sobre a placa absorsora e outros componentes, nomeadamente da selectividade e absorptividade da placa que são desconhecidos, não permitindo assim o cálculo teórico do mesmo. De qualquer forma, caso exista a possibilidade de testar de forma prática e não teórica este colector no futuro, apresenta-se de seguida a equação que define o rendimento de um colector.

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1 \Delta T - a_2 \Delta T^2}{G} \qquad (1)$$

Sendo que:

η - rendimento do colector

η_0 - rendimento óptico do colector

G - radiação solar em W/m^2

a_1 - coeficiente global linear de perdas térmicas em $Wm^{-2}K^{-1}$

a_2 - coeficiente global quadrático de perdas térmicas em $Wm^{-2}K^{-2}$

ΔT - diferença entre a temperatura da placa absorsora e a temperatura ambiente em ºK.

O rendimento óptico do colector depende das propriedades de absorção de radiação solar do absorsor (placa com tubos onde circula o fluído térmico) e da capacidade da cobertura (vidro) de transmitir a radiação incidente.

Os coeficientes de a_1 e a_2 são coeficientes de perdas térmicas globais. Têm portanto em conta as perdas por radiação, convecção e condução do colector. Para se calcular qual o rendimento do colector, é necessário saber quais os valores destes coeficientes, os quais podem ser testados.

O teste destes valores é normalmente efectuado sob condições de radiação estáveis, vento controlado, temperatura de entrada dentro do colector também controlada bem como temperatura ambiente. Tudo de acordo com as normas de testes para poder certificar colectores. Estes valores servem depois de base de comparação de colectores solares térmicos, podendo assim dizer se um colector é melhor que outro ou não relativamente ao seu rendimento.

3.3 Comparação entre colector K6 e colector de mercado

Na sequência dos testes realizados para determinar a eficiência dos colectores construídos recorrendo ao sistema da Sebasol (em autoconstrução) foi importante mostrar qual é realmente a vantagem em utilizar um colector convencional versus um colector da Sebasol.

Para fazer esta comparação, a Sebasol utilizou um programa de dimensionamento de sistemas solares térmicos homologado, de uso corrente na Suíça, chamado de Polysun.

A comparação baseou-se nas seguintes premissas:

a) Um colector A (Sebasol) consegue fornecer uma certa quantidade de energia e um colector B (convencional) consegue fornecer outra quantidade de energia. Da divisão entre esta energia fornecida pelos colectores e as necessidades de energia (Consumo, C) obtém-se uma percentagem.

b) Se a relação existente entre o custo de investimento de uma instalação relativamente a outra for superior à percentagem da alínea a) então não se torna favorável o sistema com maior eficiência.

No caso da Sebasol versus um colector convencional concluiu-se que o colector convencional, nesta relação fornecimento de energia a dividir pelo consumo, é melhor em 10%. Neste caso, não se torna favorável utilizar o sistema convencional a não ser que o custo de investimento deste sistema seja apenas até 10% superior ao custo de um investimento utilizando os colectores Sebaso. Em anexo apresenta-se o estudo que a Sebasol efectuou (Anexo 9)

4. Caso de Estudo

Para o caso de estudo desta tese escolheu-se dimensionar um sistema solar térmico para o refeitório I da Universidade de Lisboa. Ao longo deste capítulo apresenta-se o dimensionamento e analisa-se a diferença entre duas principais opções: autoconstrução ou sem ser em autoconstrução.

Foi feita também uma análise de viabilidade do investimento, considerando os custos de cada colector e dos materiais que se encontram no mercado para os outros componentes do sistema que não são feitos em autoconstrução.

4.1 Definição do local e sistema de aquecimento de água na Cantina e Ginásio.

O refeitório I da Universidade de Lisboa localiza-se na Avenida Professor Gama Pinto no Campo Grande em Lisboa. É um local que se pode dividir em duas partes principais:

1) Cantina: que serve cerca de 360 mil refeições anualmente aos membros das várias faculdades da Universidade de Lisboa (alunos, professores, funcionários). [informação obtida junto da entidade]
2) Ginásio: que presta o serviço de promoção de saúde e bem-estar através da actividade física, a qualquer pessoa que se queira inscrever e que à data da escrita do documento tem mais de 16 mil utentes anualmente. [7]

A figura 4.1 mostra uma imagem com vista de cima do refeitório com indicação de onde se encontra cada uma das partes do refeitório (cantina e ginásio).

Figura 4.1 Localização da Cantina e Ginásio da Universidade de Lisboa, Adaptado: Google Earth

Como se pode ver na figura 4.1, o ginásio é consideravelmente inferior em dimensão à cantina. Na verdade o ginásio ocupa uma área de cerca de 220m^2 e a cantina superior a 2500m^2.

O refeitório tem, como já referido em cima, uma utilização bastante intensiva das suas instalações. Esta utilização tem custos e obviamente consumos de energia:

1) Gás para aquecimento de água para duches e para a cozinha;
2) Água para duches e cozinhar também;

3) Electricidade maioritariamente para iluminação dos edifícios.

Para o caso do solar térmico, o que interessa entender e tomar conhecimento é da quantidade de água que é aquecida, como funciona o processo de aquecimento no refeitório nas suas componentes (ginásio e cantina) e quanto gás é utilizado especificamente para aquecer água (versus outras utilizações).

É necessário então entender o sistema de aquecimento de água do refeitório. O refeitório aquece a água através de esquentadores (com um pequeno depósito de acumulação de água) recorrendo ao gás natural como fonte de energia. São dois esquentadores que funcionam em simultâneo e aquecem a água, tanto para o ginásio como para a cantina, sem distinção (figura 4.2). O que se passa portanto, é que não existe um esquentador destinado a suprir as necessidades de água quente do ginásio e outro da cantina. Funcionam os dois em simultâneo e esta é uma característica importante no dimensionamento do sistema solar térmico, especialmente porque dificulta o processo de avaliação dos consumos actuais de água quente.

Figura 4.2 Esquentadores ADM 60

Estes esquentadores funcionam portanto tal e qual como um esquentador comum, a gás natural, apenas com a diferença que têm um pequeno depósito (60litros) onde acumulam água. O processo de aquecimento de água inicia-se com a entrada de água para este depósito. Neste depósito a água é aquecida recorrendo ao gás natural até à temperatura determinada pelo utilizador (temperatura definida previamente pelo utilizador ou instalador). A água fica então em repouso à espera de um pedido e mantida a uma temperatura muito próxima da temperatura definida. Quando existe um pedido de água quente, no ginásio ou na cantina, o esquentador aquece a diferença de temperatura que falta para o valor determinado e liberta a água para o local onde foi pedido o consumo. Sempre que sai água quente do depósito, imediatamente entra água fria da rede pela parte inferior do esquentador, repetindo o ciclo.

Os esquentadores estão actualmente instalados ao lado do ginásio sob uma estrutura abrigada dos elementos (vento, chuva, etc.). A figura 4.3 mostra a localização dos esquentadores relativamente ao ginásio e à cantina.

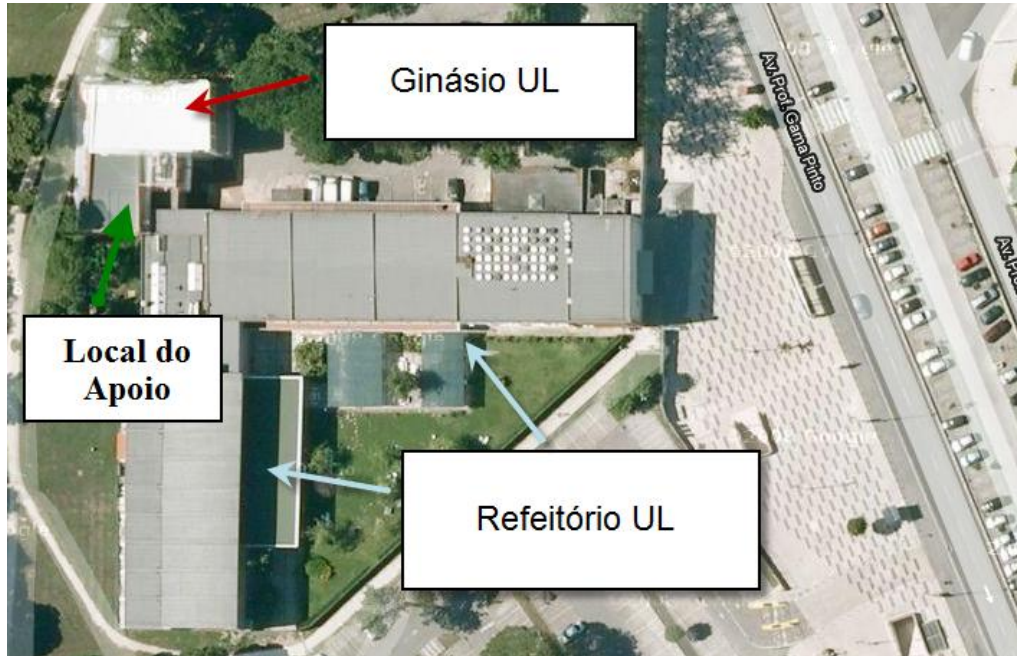



Figura 4.3 Localização do apoio (esquentadores) no refeitório; Adaptado: Google Earth

4.2 Dimensionamento e Análise de Viabilidade

Para dimensionar o sistema solar térmico recorreu-se ao software Solterm (versão 5.1.3), às informações disponíveis na legislação, mais especificamente ao "Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios" (RCCTE), e às informações que se conseguiu obter junto das entidades que gerem a operação da cantina e ginásio. Para realizar um bom dimensionamento do sistema é preciso perceber primeiro quais os factores que influenciam a contribuição que um sistema solar térmico pode oferecer no aquecimento de água, de forma a entender se podemos influenciar algum desses factores para maximizar a contribuição do sistema.

Contribuição de uma instalação solar

A contribuição, em termos energéticos, que uma instalação solar térmica pode então oferecer depende principalmente dos seguintes factores:

- **Tipo de instalação**

Depende de quais as aplicações que se pretende dar ao sistema. O sistema pode ter como função fornecer água quente para aquecer águas sanitárias (duches por exemplo), para fornecer energia para climatizar um edifício, ou ambos. É possível ainda fornecer energia eléctrica através de um sistema térmico que funcione a temperaturas suficientemente altas para gerar vapor e através de uma turbina fornecer energia eléctrica. No entanto, este tipo de aplicação não se enquadra no tipo de instalação e tecnologia discutida nesta tese.

- **Necessidades de energia/consumos**

As necessidades de energia, e portanto de água quente, são um grande influenciador do tipo de sistema a utilizar e a sua dimensão. É preciso então conhecer com a maior precisão possível, com

recurso a informações locais e recorrendo também à legislação, quais os consumos existentes no local onde pretendemos fazer a instalação do sistema.

- **Localização da instalação**

O local da instalação é outro factor muito importante. A quantidade de radiação incidente em cada local do globo varia e portanto a quantidade de energia a que os colectores estão sujeitos e o que o sistema solar consegue fornecer depende principalmente deste factor.

- **Orientação dos colectores**

Para cada localização existe uma orientação óptima dos colectores, dependente especialmente da latitude do local. Uma óptima orientação dos colectores permite maximizar a energia captada pelos colectores. Simultaneamente o tipo de estrutura e a inclinação da mesma, sobre a qual os colectores serão instalados, influencia as soluções utilizadas para orientar os colectores para a posição óptima.

- **Sombreamento dos colectores**

Em cada local existe ainda uma envolvente. Os edifícios, árvores e outros obstáculos à passagem da radiação solar, influenciam a quantidade de energia solar que realmente chega aos colectores. É preciso então ter em consideração se os colectores estarão sujeitos a sombreamento e durante quanto tempo.

- **Tipo de utilização**

O tipo de utilização, ou melhor, os períodos maioritários de utilização por parte dos consumidores da instalação, é um factor importante no dimensionamento e que influencia largamente a orientação dos colectores já referida anteriormente. No caso de uma instalação solar térmica que tem como objectivo fornecer água quente ao longo do período de um ano, a orientação óptima dos colectores é uma. Caso seja, por exemplo, uma casa com de férias com utilização exclusiva, ou quase exclusiva, no Inverno ou no Verão, a orientação óptima será diferente para cada caso. É portanto necessário saber qual o tipo de utilização (e perfis de consumos) que será dada ao sistema de aquecimento.

Consumos de água quente e definição de volume de depósito

Consumo de água

A lógica inicial, e também o objectivo, era dimensionar o sistema solar térmico para fornecer água quente para a cantina e também para o ginásio. Para este fim, procedeu-se à avaliação dos consumos e seus perfis. No entanto, deparou-se com um conjunto de problemas nesta avaliação, o maior deles sendo a falta de informação específica disponível. Por específica, entenda-se informação dividida por secções do refeitório.

Para todo o refeitório (cantina e ginásio) existe apenas um contador de água fria, um contador de gás e outro de electricidade, o que ilustra a deficiência geral de informação no local relativamente aos seus consumos. Esta situação não permite saber com exactidão a quantidade de água quente consumida para poder definir a dimensão do sistema solar térmico, nem permite saber que secções (ginásio ou cantina) consome que percentagens do total de consumo.

Não é possível também identificar zonas dentro do refeitório, por exemplo, que consumam mais que outras dificultando muito qualquer análise fiável dos consumos de qualquer destas variáveis (gás, electricidade ou água).

Numa tentativa de identificar os consumos para permitir um dimensionamento que se adequasse ao caso em questão, foram inicialmente feitas análises às facturas de gás e água total (fria e quente) para tentar calcular a quantidade de água quente realmente consumida. Tentava-se assim não basear a estimativa do consumo apenas por valores de referência tabelados ou legislados e tentava-se aproximar o dimensionamento do sistema para os consumos reais do local. As informações que se obtiveram através das facturas estão representadas no gráfico 4.4, apresentado de seguida.

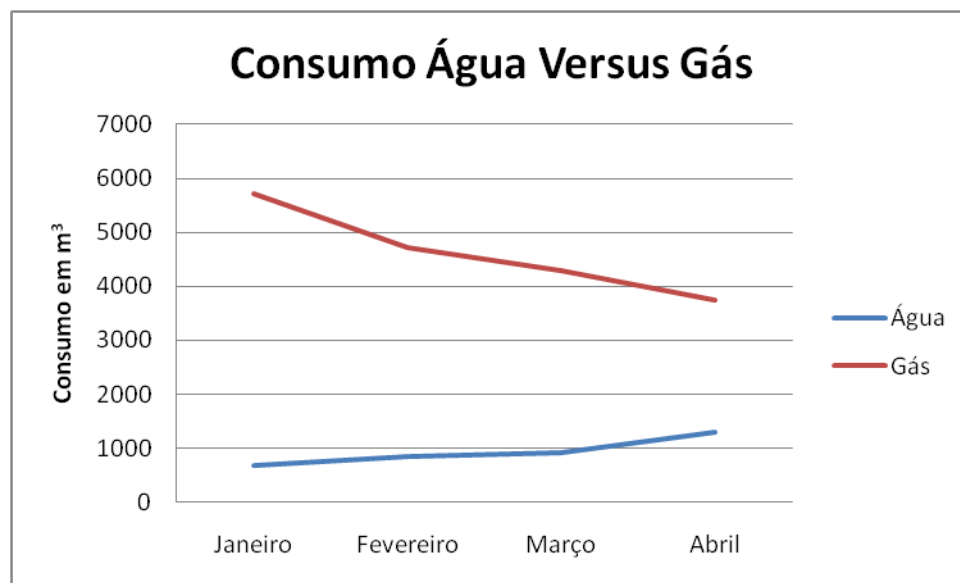



Figura 4.4 Consumos do refeitório nos meses de Janeiro a Abril de 2009 [8]

A lógica seria a de tentar identificar através das facturas de gás, qual seria a quantidade de gás utilizado e através da capacidade que o gás tem de aquecer água, deduzir qual seria o consumo de água quente. No entanto

A dificuldade deste tipo de análise prende-se com as seguintes situações:

1) Os dados mais recentes disponíveis do consumo tinham aumentos inexplicados na quantidade de água consumida nos meses de Março, Abril e Maio que não eram explicados por uma utilização das instalações superior à média e simultaneamente verificou-se uma descida significativa da quantidade de gás consumido. A realidade é que se deu uma fuga e os consumos de água não correspondiam à realidade, não permitindo assim uma análise fiável dos dados;

2) O facto de o gás consumido não ser exclusivamente para aquecer água mas também para fins alimentares (fornos e fogões) não permite distinguir de forma a concluir qual a quantidade de gás que foi utilizado para qual aplicação, e portanto impedindo a determinação do consumo de água quente;

3) A variabilidade do consumo de gás é muito elevada devido à diversidade dos alimentos preparados, que em alguns casos requerem uma utilização muito diminuída de gás para a sua preparação e noutros casos uma utilização muito elevada;

4) Cozinheiros diferentes têm hábitos diferentes, o que leva naturalmente a que em alguns casos o gás seja, por exemplo, ligado logo desde a hora de chegada ao refeitório dos trabalhadores e noutros apenas conforme a necessidade.

Por estas razões torna-se impossível calcular com um grau de certeza minimamente aceitável qual o consumo de água quente no refeitório I da Universidade de Lisboa. Simultaneamente, após várias visitas às instalações para obter uma noção mais correcta de quais os hábitos de funcionamento em vigor, concluiu-se que dimensionar um sistema solar térmico para um refeitório nas condições presentes não seria uma situação aceitável.

Os benefícios passíveis de serem retirados de uma instalação solar térmica nestas condições são muito reduzidos. Isto acontece devido ao modo de funcionamento do refeitório e também da maioria das cozinhas em restaurantes ou outros estabelecimentos.

A norma é o uso contínuo do gás dos fogões para manter água em fervura pronta para alguma eventualidade em que não exista refeições suficientes para todas as pessoas no refeitório. O período de horas em que não existe mais do que um fogão a gás em funcionamento, por cozinha, é muito reduzido ao longo de um dia pelo que a maioria do consumo de gás é, na verdade, utilizado para manter esta água pronta para alguma eventualidade.

A realidade é que um sistema solar térmico poderia poupar a energia que é gasta actualmente em gás para aquecer aquela quantidade de água inicial mas não pode fazer nada relativamente ao manter a água à temperatura alta desejada, e este consumo de gás inicial é uma percentagem muito reduzida face ao consumo quase contínuo durante todo o período em que o refeitório está em funcionamento.

Por último, iniciar um processo de instalação de um sistema solar térmico que, tem obviamente um investimento inicial a considerar, e em que é necessário ter previamente à sua instalação uma perspectiva com um rigor bastante elevado dos benefícios a nível financeiro (e portanto do tempo que o sistema leva a igualar as poupanças ao seu investimento), é um erro. É necessário saber com alguma exactidão qual o retorno do investimento, porque caso contrário não se faz investimento.

Assim sendo, alterou-se a perspectiva no sentido de dimensionar o sistema para fornecer água quente aos utentes do ginásio. A realidade da situação é que o sistema estará dimensionado para fornecer água quente ao ginásio mas o que se passará, é que no momento em que existir um pedido de água quente, independentemente que seja proveniente do ginásio ou da cantina, o sistema solar térmico fornecerá essa água quente até ao limite para o qual esteja dimensionado. O que se pretende explicar, é que apesar de o sistema estar dimensionado para o ginásio e portanto irá suprir uma percentagem dos consumos estimados ou calculados para o mesmo, ele fornecerá a energia a "quem" precisar (cantina e/ou ginásio) sem distinguir entre os dois. No final, caso se implementem mais tarde métodos de controlo de quanta água é fornecida pelo sistema solar térmico para que consumo (cantina ou ginásio) concluir-se-á que uma porção da água que foi aquecida pelo sistema solar térmico não estará a fornecer ao ginásio mas sim à cantina.

Ginásio do refeitório da Universidade de Lisboa

Decidiu-se então dimensionar o sistema solar no sentido de suprir, numa percentagem, o consumo de água quente do ginásio.

No ginásio, a quase totalidade do consumo de água quente recai sobre a utilização balnear (duches). Recolheu-se informação, junto do mesmo, sobre o número de utilizadores do ginásio (representado na figura 4.5).

Figura 4.5 Número de utentes de Outubro 2008 a Junho 2009

Para a determinação de consumos de água quente, para permitir também futura reprodutibilidade dos valores calculados nesta análise, recorreu-se a valores mencionados pelo RCCTE. Estes valores variam com o tipo de utilização que é feita. Isto quer dizer que o RCCTE define diferentes valores de referência dependendo se é o caso de uma cantina, ginásio, piscina, escola ou outra qualquer tipologia. No caso de edifícios de habitação, o RCCTE refere:

“O consumo de referência de água quente sanitária para utilização em edifícios de habitação é de 40 litros de água quente a 60ºC por pessoa e por dia” – RCCTE Capítulo V artigo 16.

No entanto, para outro tipo de edifícios este não é o valor de referência. De acordo com informação obtida através das “Perguntas e Respostas ao RCCTE” provenientes da ADENE, podem ser assumidos valores de acordo com a figura 4.6.

Tipologia do espaço	Consumo diário de referência a 60ºC
Hospital e clínica	55 l/cama
Hotel ****	70 l/cama
Hotel ***	55 l/cama
Hotel/Residêncial **	40 l/cama
Residêncial/Pensão *	35 l/cama
Campismo	40 l/lugar
Lar de idosos ou estudantes	55 l/cama
Escola	3 l/aluno (só refeição)
Quartel	20 l/pessoa
Fábrica ou oficina	15 l/pessoa
Escritório	3 l/pessoa
Ginásio	20~25 l/pessoa
Lavandaria	3~5 l/kg roupa
Restaurante	5~10 l/refeição
Cafetaria	1 l/pequeno almoço

Figura 4.6 Consumo de água quente por tipologia de acordo com o RCCTE

Como se pode verificar pela figura anterior, no caso de um ginásio refere-se um consumo estimado de 20 a 25 litros de água a 60ºC por pessoa.

O ginásio encontra-se em operação cerca de 22 dias por mês em média. Assumindo dentro deste intervalo o valor de 20 litros de água por pessoa por duche, calcula-se o consumo médio diário para cada mês.

No entanto, é preciso notar que os dados sobre o consumo não fazem referência aos meses de Julho, Agosto e Setembro. Parte destes meses dizem respeito ao período de férias das instalações mas após verificação constata-se o seguinte:

1) Julho: encontra-se aberto durante 11 dias;
2) Agosto: encontra-se encerrado;
3) Setembro: encontra-se aberto 14 dias.

Assim sendo, foi necessário estimar qual o número de utilizações nestes meses para poder calcular o consumo correspondente e incorporá-lo no dimensionamento do sistema solar térmico a efectuar no software "Solterm" (versão 5.1.3).

Para estimar estes valores calculou-se quantos utentes tinha o ginásio em média, em cada mês (Outubro 2008 a Junho 2009). Verificou-se que para os tais meses de Outubro 2008 a Junho 2009 (198 dias) o ginásio teve 15.678 utentes. Calculou-se que para 223 dias (ano inteiro incluindo os meses de Julho, Agosto e Setembro) correspondia a 17.658 utilizações.

É então possível calcular, dividindo pelo número de dias total de utilização ao longo do ano, o número médio de utilizadores por dia ao longo do ano (79 utilizadores). Ao multiplicar pelo número de dias em utilização nos meses de Julho, Agosto e Setembro, obteve-se o número de utentes para os respectivos meses.

As novas conclusões relativamente ao número de utilizações e aos consumos são apresentadas na figura 4.7 e 4.8, respectivamente. De notar que o consumo de água quente para um duche definido pelo RCCTE é de 20 litros a 60ºC, como já referido anteriormente.

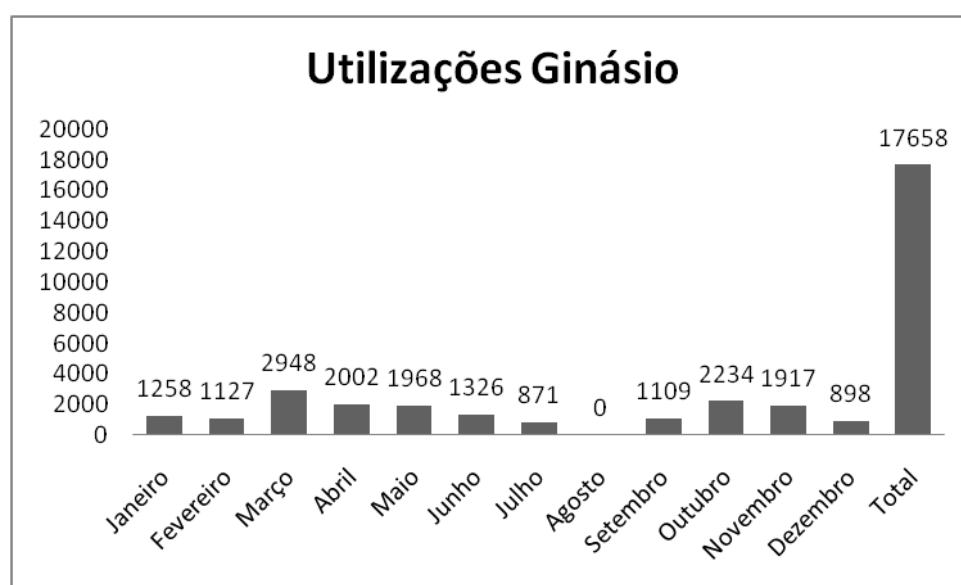



Figura 4.7 Utilizações do ginásio durante o período de um ano

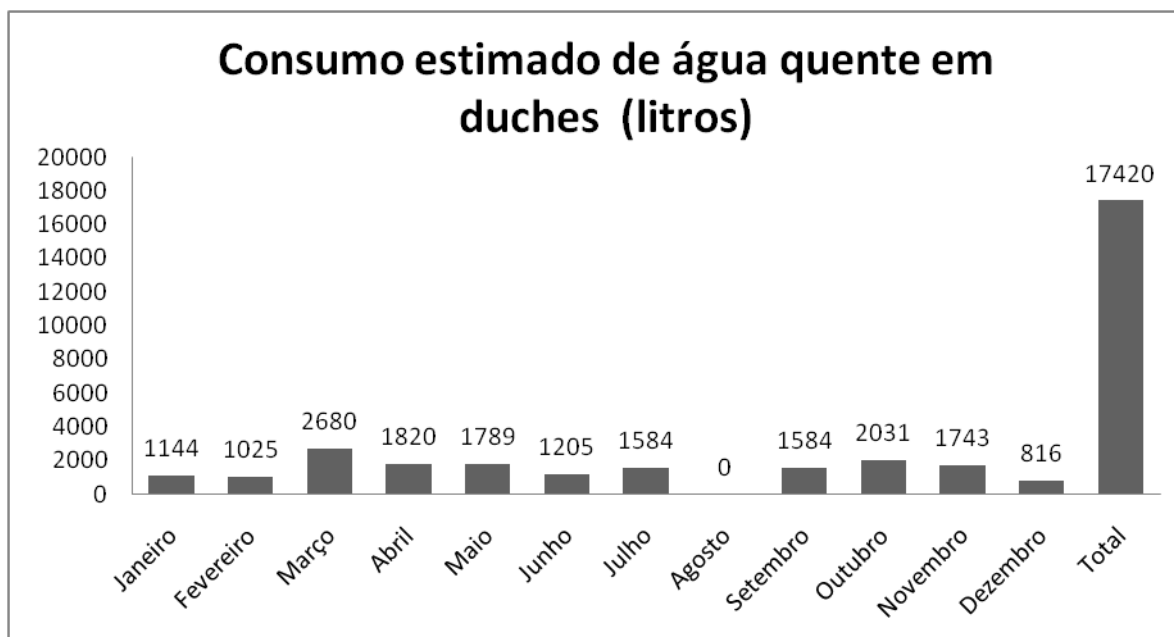



Figura 4.8 Consumo estimado de água quente em duches (litros)

Obteve-se então o consumo estimado de água quente a 60ºC em litros mensalmente. No entanto, o software Solterm tem em conta, para os seus cálculos, o perfil de consumo. Quer-se com isto dizer, que o software distingue se o consumo é por exemplo todo efectuado num período curto de uma hora ou se é faseado ao longo do dia. Procedeu-se então a uma análise dos perfis horários de consumo.

A informação disponível relativa à frequência horária do ginásio da Universidade de Lisboa encontra-se na figura 4.9.

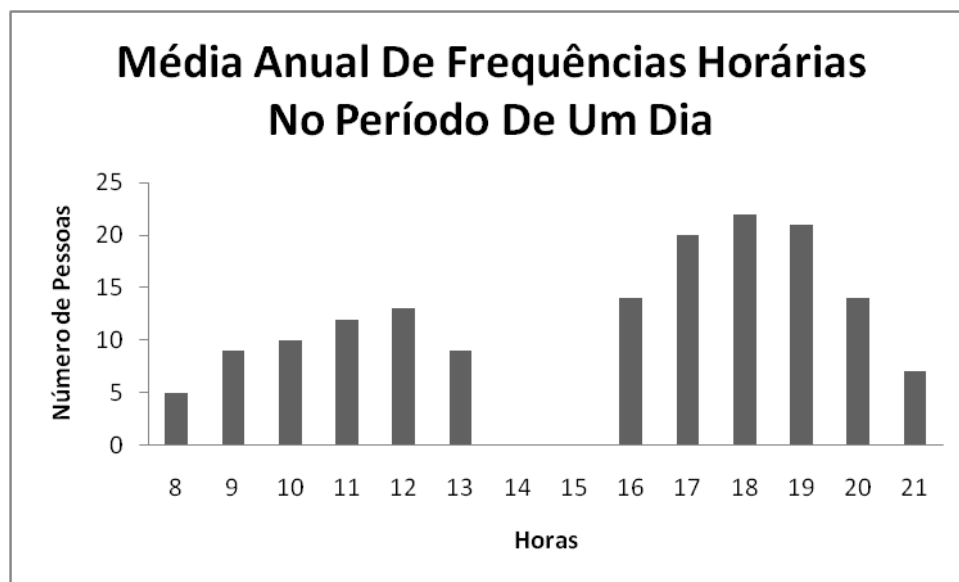



Figura 4.9 Média anual de frequências horárias no período de um dia

A partir desta informação é possível calcular uma percentagem de frequência horária que multiplicada pelo consumo já calculado, fornece informação sobre o consumo horário de um dia para cada mês do ano. Apenas a título demonstrativo apresenta-se na figura 4.10, o dia representativo do mês de Janeiro.

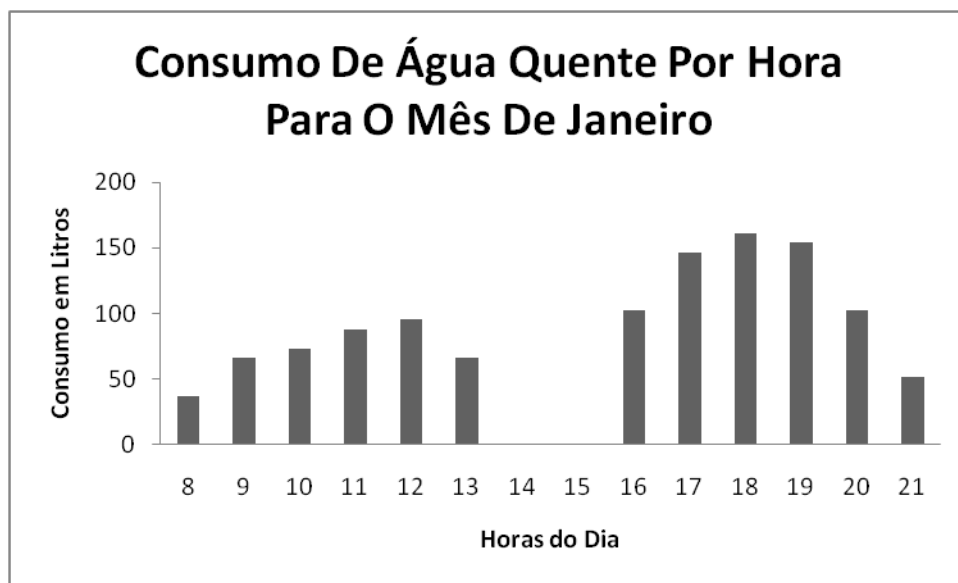



Figura 4.10 Consumo de água quente por hora para o mês de Janeiro

Os dados obtidos relativamente ao consumo horário para cada mês, foram então introduzidos no software Solterm para permitir que o programa operasse com o menor erro possível.

Dimensionamento do volume de depósito e número de colectores

O depósito que irá armazenar a água da rede, que será posteriormente aquecida pelo fluído térmico aquecido nos colectores (através do permutador de calor), deve ser suficientemente grande para permitir que uma quantidade considerável de calor seja armazenada sob a forma de água quente no depósito.

No entanto se o depósito for excessivamente grande, além de subir o custo ao sistema, a quantidade de água a aquecer será muito elevada e portanto a energia necessária para fazer subir a água à temperatura desejada de consumo terá que ser também muito elevada. Desta forma, ao longo de um ano a temperatura que a água atingirá será na grande maioria do tempo inferior à temperatura de consumo e o sistema de apoio terá que estar sempre a ser accionado, e portanto não se poupando tanto quanto seria possível.

Simultaneamente o depósito não deve ser muito pequeno. Se este for demasiado pequeno, é possível que facilmente se atinjam temperaturas demasiado elevadas dentro do depósito, tendo como consequência o desperdício de energia. Ainda, se o volume do depósito for muito inferior ao consumo diário, caso não exista radiação solar suficiente (dias nublados) por um período igual a um dia, o sistema solar térmico não será capaz de fornecer a energia necessária para aquecer a água nesses dias.

Assim sendo, o depósito de um sistema solar térmico deve ser suficientemente grande para permitir o armazenamento e reserva de água quente para um período superior a um dia e simultaneamente não deve ser demasiado grande de forma a permitir que a temperatura da água atingida seja a desejada para o consumo.

Normalmente o volume do depósito é cerca de duas a 3 vezes superior ao consumo diário estimado. No entanto, no caso de sistemas em que, por exemplo, os colectores sejam significativamente mais baratos que os depósitos, é possível aumentar ligeiramente a razão área de colectores/volume do depósito. Permite-se assim, um ligeiro aumento de desperdício de energia nos meses em que a quantidade de energia produzida pelo sistema excede as necessidades de calor mas devido ao aumento de área de colectores solares aumenta-se também a quantidade de energia produzida em todos os outros dias do ano, aumentando a razão quantidade de energia produzida/quantidade de energia consumida (fracção solar).

É usualmente a partir desta fracção solar que se dimensionam os sistemas solares térmicos. Escolhe-se um valor desejado para a fracção solar, que normalmente varia entre 40 e 90% mas o que habitualmente se escolhe ronda os 75-80%, e dimensiona-se os componentes do sistema (principalmente o volume do depósito e área de colectores) de forma a alcançar esse valor de fracção solar. A principal dificuldade que se encontra neste processo exemplifica-se com o problema seguinte:

- Dada a oportunidade de escolher um projecto dimensionado para suprir (fracção solar) 70% das necessidades de consumo de água quente, ou outro dimensionado para suprir 80%, qual seria a escolha aparentemente óbvia?

Aparentemente a opção mais óbvia seria aquela que supriria a maior quantidade de necessidades. No entanto, e esta é uma das razões principais pela qual se recomenda uma gama de 40 a 90% de fracção solar, se o custo financeiro para subir esses 10% de fracção solar fosse muito elevado, então talvez fosse preferível não fazer esse investimento.

Ora, a grande dificuldade prende-se com saber, com algum grau de certeza, até que ponto vale a pena investir no sistema de forma a subir a sua fracção solar, sem que os custos desse investimento sejam superiores aos proveitos que se espera retirar da instalação ao longo do tempo de vida esperado da mesma. Isto significa, entender se o investimento necessário para passar de, por exemplo, 86% de fracção solar para 87%, "vale a pena".

A forma mais correcta, ou pelo menos com a menor margem de erro, seria a de atribuir diferente número de colectores para um mesmo volume de depósito e entender como varia a fracção solar. De seguida escolher outro volume de depósito e repetir o processo várias vezes. Depois de tudo isto, dimensionar todo o sistema para cada um dos casos, calcular qual o investimento total e em quanto tempo se espera que as poupanças igualem os custos de investimento (payback) e a poupança ao fim do tempo de vida esperado do sistema (20 anos por exemplo). Ora, como se pode entender, do ponto de vista de uma empresa que dimensione um sistema solar térmico, esta forma de abordar o problema leva demasiado tempo.

No caso desta tese, dimensionou-se vários sistemas em autoconstrução, analisando com maior detalhe os seguintes pontos:

1) Fracção solar
2) Energia utilizada pelo apoio e o seu custo
3) Custo total do investimento no sistema
4) Tempo de retorno do investimento
5) Poupança máxima ao longo do tempo de vida esperado do sistema (20 anos)

Foram portanto analisados sistemas solares térmicos sobre duas componentes variáveis: volume de depósito e número de colectores. Os volumes de depósito variam de 1500 litros a 4000 litros, e para cada um destes volumes variou-se o número de colectores entre 10 e 24 (com incrementos de 2).

Através do software Solterm obteve-se a fracção solar e a energia utilizada no apoio. O gráfico seguinte, 4.11, mostra como a fracção solar evolui com a variação de número de colectores e volume de depósito.

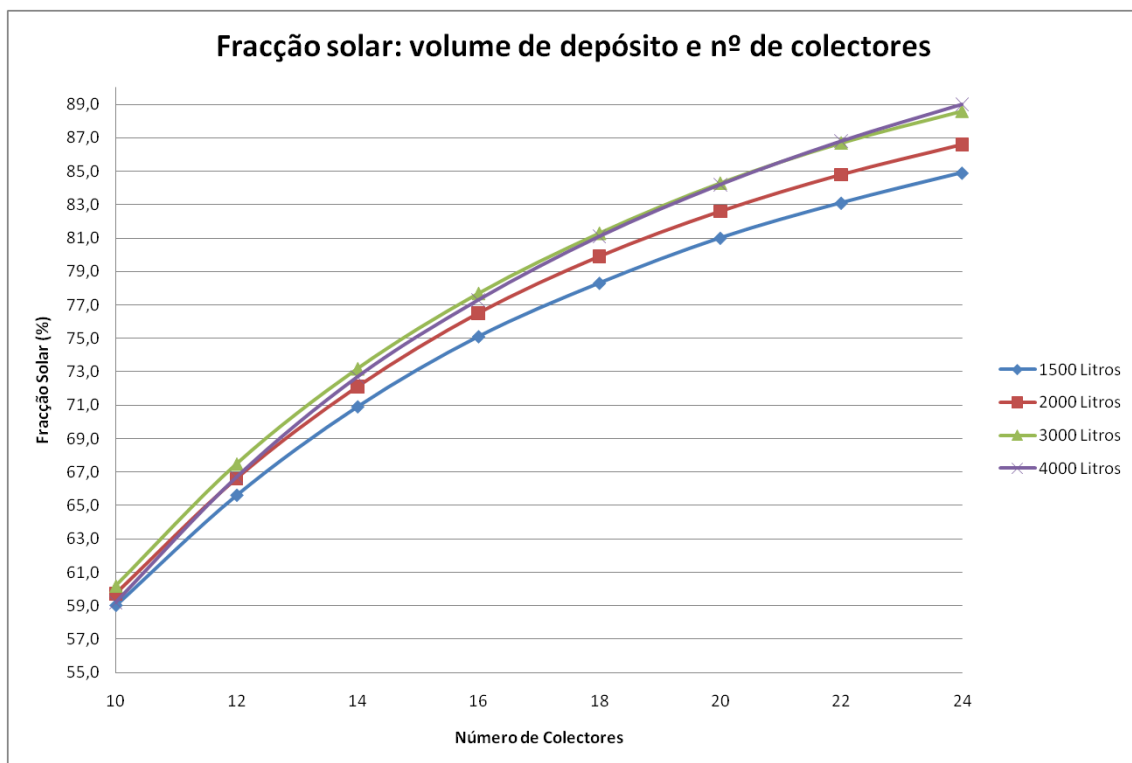



Figura 4.11 Comparação da fracção solar para vários sistemas

Em primeira análise podemos retirar as seguintes informações da figura:

1) No início da curva (10, 12 ou 14 colectores), a variação da fracção solar é considerável com a variação de número de colectores. Adicionar dois colectores, passando de 10 para 12, significa aumentos na ordem dos 7% na fracção solar;

2) Para o fim da curva, 24 colectores, os aumentos são significativamente mais reduzidos (cerca de 2%);

3) O aumento do volume de depósito influência a fracção solar obtida. O único caso onde as curvas são muito semelhantes é entre 3000 e 4000 Litros.

Do ponto número 1, podemos concluir que a fracção solar aumenta bastante porque os volumes de depósito, mesmo o de 1500 Litros, é suficientemente grande para o número de colectores existente. Desta forma, a adição de dois colectores significa apenas que o campo de colectores está a fornecer mais energia e que por isso não há mais energia desperdiçada. A mesma conclusão pode ser retirada para o ponto 2, mas agora com o resultado oposto (muitas perdas por excesso de energia).

O ponto número 3 é o que tem maior relevância para a análise que se pretende fazer. O que se pode concluir é que passar de 3000 para 4000 Litros de depósito não traz vantagem ao sistema do ponto de vista de fracção solar. Como os depósito de 4000 Litros são à partida mais dispendiosos do que os de 3000 Litros, não existe vantagem em escolher a opção 4000 Litros para o dimensionamento do sistema.

Para se poder fazer a análise de forma a saber qual a melhor opção, é necessário, como já referido anteriormente, saber qual o custo de cada um destes sistemas. Para isso foi-se primeiro saber qual o custo dos vários campos de colectores. Cada campo de colectores terá uma organização diferente, inerente ao seu número, e portanto o seu custo irá variar. A tabela seguinte, 4.1, apresenta o custo de cada composição do grupo de colectores, em autoconstrução, variando desde 10 a 24 colectores.

Tabela 4.1 Custo dos vários campos de colectores em autoconstrução

Número de Colectores	Euros	Diferença com anterior
10	2225	
12	2653	428
14	3116	463
16	3497	381
18	3937	440
20	4330	393
22	4828	498
24	5187	359

Como se pode ver pela tabela 4.1, e pela coluna "Diferença com anterior", o custo de aumentar dois colectores ao sistema de cada vez, não é linear. Isto acontece porque para cada disposição (ligação entre colectores) pode ser necessário utilizar mais ou menos material influenciando assim o custo final.

De seguida, na figura 4.12, apresenta-se um mapa de quantidades, preços e custo total para as várias combinações de colectores. São incluídos os custos das tubagens, o vaso de expansão, válvulas, purgadores, controladores, sistemas de medição de entalpia e todos os equipamentos necessários ao bom funcionamento do sistema. Neste mapa de quantidades, não se inclui o custo dos depósitos. Isto acontece porque, como já foi explicado anteriormente, cada combinação destas (10 a 24 colectores) foi dimensionada para volumes de depósito que variam entre 1500 e 4000 Litros (na figura 4.13, apresenta-se uma comparação entre os vários sistemas já com os preços dos depósitos e o custo total da instalação).

Como se pode verificar, o custo dos componentes do sistema (em tubagens e outros componentes) não sobe linearmente com a área ou número de colectores. Pode-se até verificar que em certos casos, como passar de 14 para 16 colectores ou 22 para 24, existe uma redução de custo. Isto acontece, novamente, devido à disposição dos colectores que implica diferenças significativas no número de válvulas, purgadores, e outros elementos.

	Mapa de Quantidades e Preços							
Colectores e Tubagens								
Número de colectores	10	12	14	16	18	20	22	24
Área de colectores (m2)	15	18	21	24	27	30	33	36
Comp. Tubagem (m)	25	25	30	35	35	35	40	40
Diâmetro Tubagem (mm)	20	20	20	20	20	20	20	28
Preço Tubagem (€/m)	7	7	7	7	7	7	7	10
Preço isolamento com forra mecânica(€/m)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	3
Custo tubagem (€)	175	175	210	245	245	245	280	400
Custo isolamento (€)	44	44	53	61	61	61	70	120
Custo total (€) - tubagens e isolamento	**219**	**219**	**263**	**306**	**306**	**306**	**350**	**520**
Vaso de expansão, purgadores, controladores, e outros componentes								
Volume do vaso de expansão (Litros)	50	50	80	80	80	80	100	100
Preço vaso de expansão (€)	137	137	213	213	213	213	246	246
Válvulas, purgadores e outros controladores (€)	236	354	826	472	590	472	1299	708
Controlador solar (€)	240	240	240	240	240	240	240	240
Sistema de medição de entalpia (€)	70	70	70	70	70	70	70	70
Dissipador de calor	650	650	650	800	800	1000	1000	1300
Volume circuito (Litros)	27	31	36	42	46	50	56	60
Liquido anticongelante (€)	153	178	209	239	265	290	321	346
Custo Total (€)	**1704**	**1848**	**2470**	**2340**	**2484**	**2591**	**3525**	**3430**
Diferença com anterior (%)		8,42%	33,71%	**-5,26%**	6,13%	4,32%	36,04%	**-2,69%**
Diferença para o 1º caso		8,42%	44,97%	37,34%	45,77%	52,07%	106,87%	101,31%

Figura 4.12 Mapa de quantidades para vários campos de colectores

De seguida, apresenta-se uma figura que compara os custos totais de investimento do sistema solar térmico.

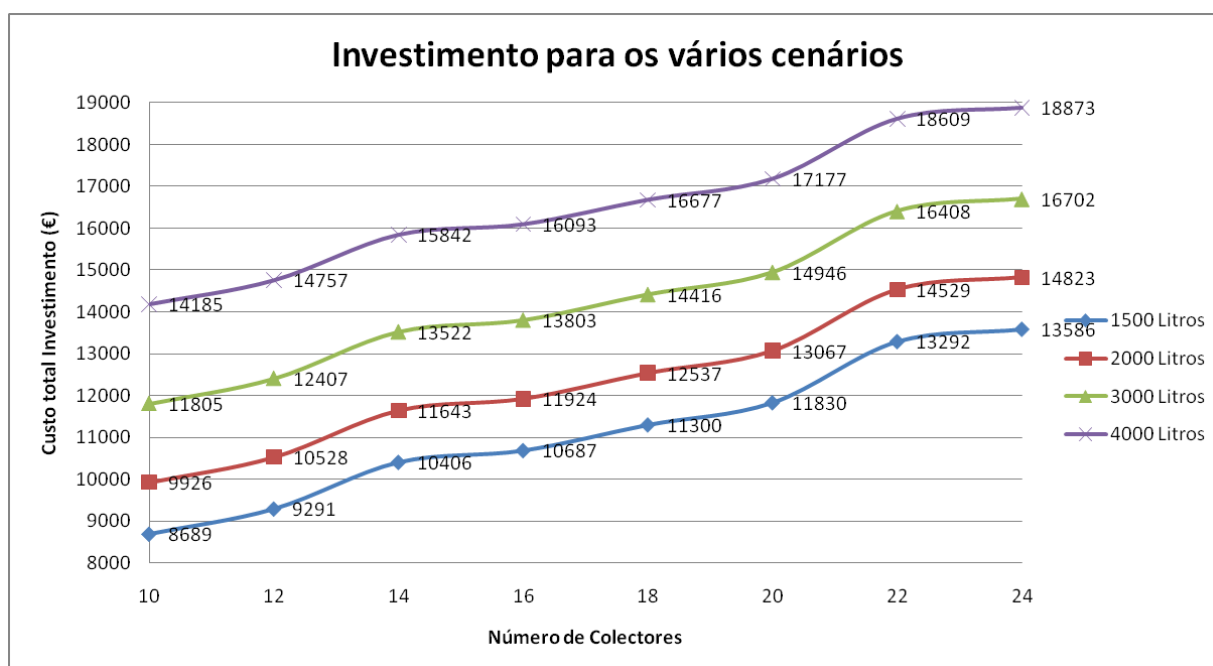



Figura 4.13 Investimento para os vários cenários

Da figura podemos retirar como esperado, que para volumes de depósito superiores, o custo total do investimento sobe. No entanto, passar de 1500 Litros para 2000 Litros significa um acréscimo de custo total, inferior aos outros casos. Mais importante, se retomarmos a informação da figura 4.11, em que se comparava a fracção solar que cada sistema alcançava e em que se concluiu que no caso de passar de 3000 Litros para 4000 Litros não existiam ganhos a nível da fracção solar, podemos concluir que a subida de custo no investimento ao passar de um sistema de 3000 Litros para 4000 Litros não é de toda vantajosa. Desta forma, à partida, todos os sistemas com 4000 Litros de depósito não são atractivos.

Tempo de Retorno

Para se proceder ao cálculo do tempo de retorno é necessário saber quanta energia é que o apoio (gás natural) fornece ao longo do ano.

De acordo com as facturas obtidas junto do refeitório, o gás natural para o refeitório, e portanto cantina e ginásio, é cobrado a 0,05€/kWh. Este valor foi ajustado para ter em conta a eficiência do processo de aquecimento de água através de gás natural. Recorrendo a informações da nota técnica do RCCTE, calculou-se que na realidade, o refeitório devido à eficiência inerente ao seu sistema de aquecimento de água, paga 0,083€/kWh.

A figura 4.14 apresenta o tempo de retorno calculado para cada um dos sistemas.

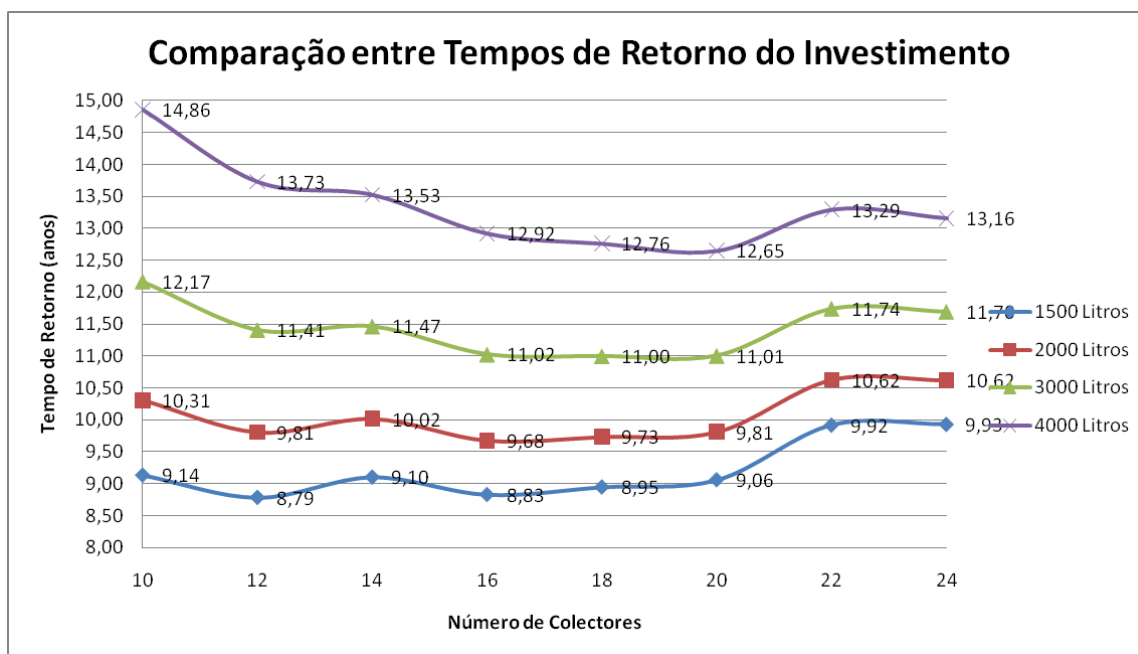



Figura 4.14 Análise dos tempos de retorno do investimento

A primeira conclusão a retirar da figura é que o menor tempo de retorno é obtido para a combinação 1500 Litros – 12 colectores, com o valor de 8,79 anos. Isto quer dizer que ao fim de 8 anos e 10 meses (aprox. 9 anos), as receitas (poupanças) igualam os investimentos e o sistema a partir desta data começa a gerar lucro. De referir que esta combinação diz respeito a uma fracção solar de 65,6%, que embora possa ser aceite em dimensionamentos de sistemas solares térmicos, é mais comum que se escolha um dimensionamento com uma fracção solar superior.

Existem ainda algumas situações interessantes que podem ser analisadas. Apenas poderia compensar, do ponto de vista do tempo de retorno do investimento, aumentar o volume de depósito nas combinações seguintes:

- 1500 Litros e 22 colectores para 2000 Litros e 12, 16, 18 ou 20 colectores.

Todas as outras situações em que se subisse o volume do depósito seriam menos favoráveis. Isto acontece porque o custo de cada colector é muito baixo e portanto o custo da adição de volume de depósito consegue ser compensado pelos colectores.

Poupança

No entanto, o tempo de retorno não é o único instrumento de avaliação de um sistema solar térmico. É preciso ter em conta qual a poupança esperada até ao fim do tempo de vida do sistema, que neste caso foi de 20 anos. Ao primeiro raciocínio seria de esperar que o sistema que tivesse o menor tempo de retorno, seria o que pouparia mais simplesmente pelo facto de estar mais tempo a poupar. No entanto, cada sistema terá custos com o apoio (gás natural) diferentes devido à quantidade de energia que consegue fornecer face à energia de consumo (fracção solar). Sistemas com maior fracção solar, têm menor necessidade de utilizar o apoio. O gráfico 4.15 seguinte, mostra qual o sistema que oferece a maior poupança ao longo de 20 anos.

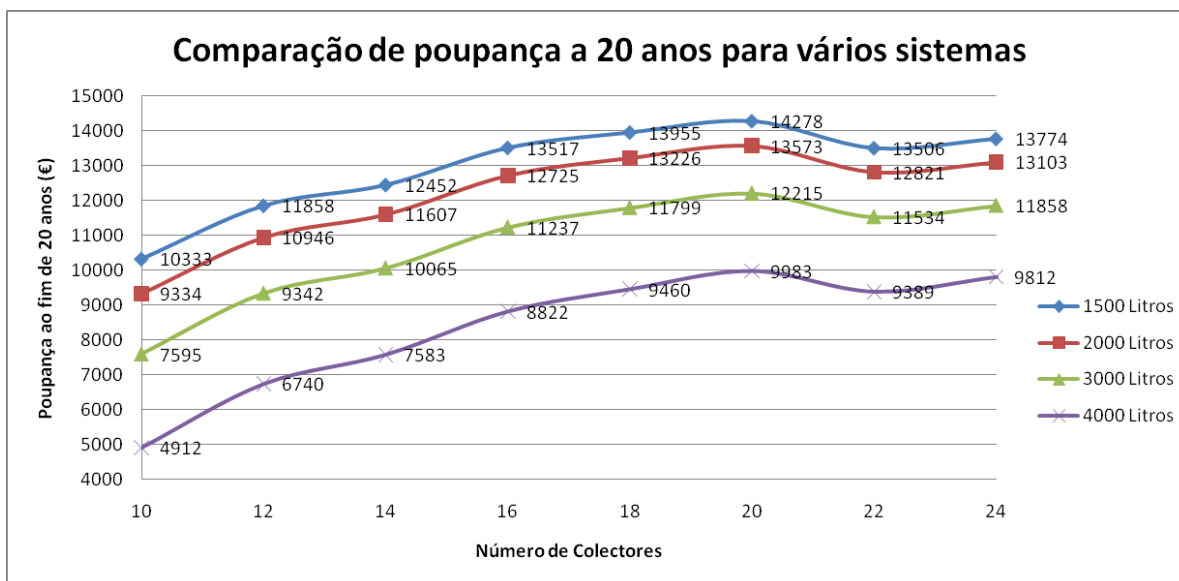



Figura 4.15 Poupança a 20 anos para os vários sistemas

Como se pode ver pela figura 4.15, o sistema para o qual se obtém a maior poupança é 1500 Litros e 20 colectores com o valor de 14.278€. Esta não é na realidade, a combinação com o menor tempo de retorno como foi analisado anteriormente (1500 Litros e 12 colectores). A tabela seguinte mostra então a diferença entre os dois casos discutidos.

Tabela 4.2 Comparação entre as duas combinações

	Situação 1	**Situação 2**	**Diferença**
Volume de Depósito (Litros)	1500	1500	=
Número de Colectores	12	20	66,67%
Tempo de retorno (anos)	8,79	9,06	**3,07%**
Poupança ao fim de 20 anos (€)	11858	14278	**20,41%**

Portanto o número de colectores na situação 2 é 66,67% superior ao da situação 1 e o tempo de retorno apenas 3% superior. No entanto, a diferença entre as duas situações a nível da poupança é bastante diferente: a situação 2 apresenta-se com uma poupança 20% superior (+2.420€) ao fim de 20 anos.

Análise Ambiental

É interessante também saber qual o benefício do ponto de vista ambiental e não apenas económico. Como discutido logo no início desta tese, um dos factores mais importantes e motivadores da utilização de sistemas de energia renovável é o ambiental. A redução de emissões de gases poluentes para a atmosfera por utilização de um sistema solar térmico, embora não seja o factor decisivo na decisão de se investir, é um factor a considerar. Para o caso em questão, 1500 Litros e 20 colectores, a redução de CO_2 emitido pela atmosfera, baseando no valor de 0,23 $kgCO_2/kWh$ (8), é de 72.079 kg. Evita-se portanto emitir para a atmosfera mais de 72 toneladas de CO_2.

Autoconstrução versus opção convencional

Achou-se que seria interessante comparar a opção autoconstrução com a opção “convencional” em termos do valor do investimento, tempo de retorno e poupança (por opção convencional entenda-se a execução do projecto por uma empresa inserida no mercado do solar térmico).

Três aproximações a este problema foram tomadas:

1) Manter todo o sistema igual alterando apenas os preços dos colectores para preços de mercado e adicionar mão-de-obra (10% do valor total);
2) Consultar particularmente um colaborador de uma empresa de dimensionamento de sistemas solares térmicos e pedir um orçamento para o caso em questão;
3) Comparação com caso de estudo apresentado na tese de mestrado intitulada “Sistemas Solares Térmicos Centralizados: Aplicação em Habitação Social” por Hugo Miguel Gil Campaniço.

No 1º caso dimensionou-se o sistema da mesma forma. Volumes de depósito iguais, tubagens e todos os componentes iguais incluindo o número de colectores. Foi tomado em consideração a eficiência do novo colector e as suas características ópticas, térmicas e geométricas. Repetiu-se portanto o processo descrito anteriormente de calcular a fracção solar, o custo total do investimento, tempo de retorno e poupança ao fim de 20 anos para todos os sistemas.

Situação 1

Custo de Investimento

O custo de investimento para este caso é superior ao custo em autoconstrução porque os colectores são naturalmente mais caros (900 €, valor retirado da tese de mestrado já referida de Hugo Miguel Gil Campaniço). Esta é a situação esperada e a figura 4.16 mostra uma comparação do custo de investimento para as várias situações dimensionadas. De seguida apresenta-se a mesma figura mas introduzindo os dados do investimento em autoconstrução. Foram adicionados os rótulos de dados à curva com custo mais elevado e mais baixo para servir de comparação.

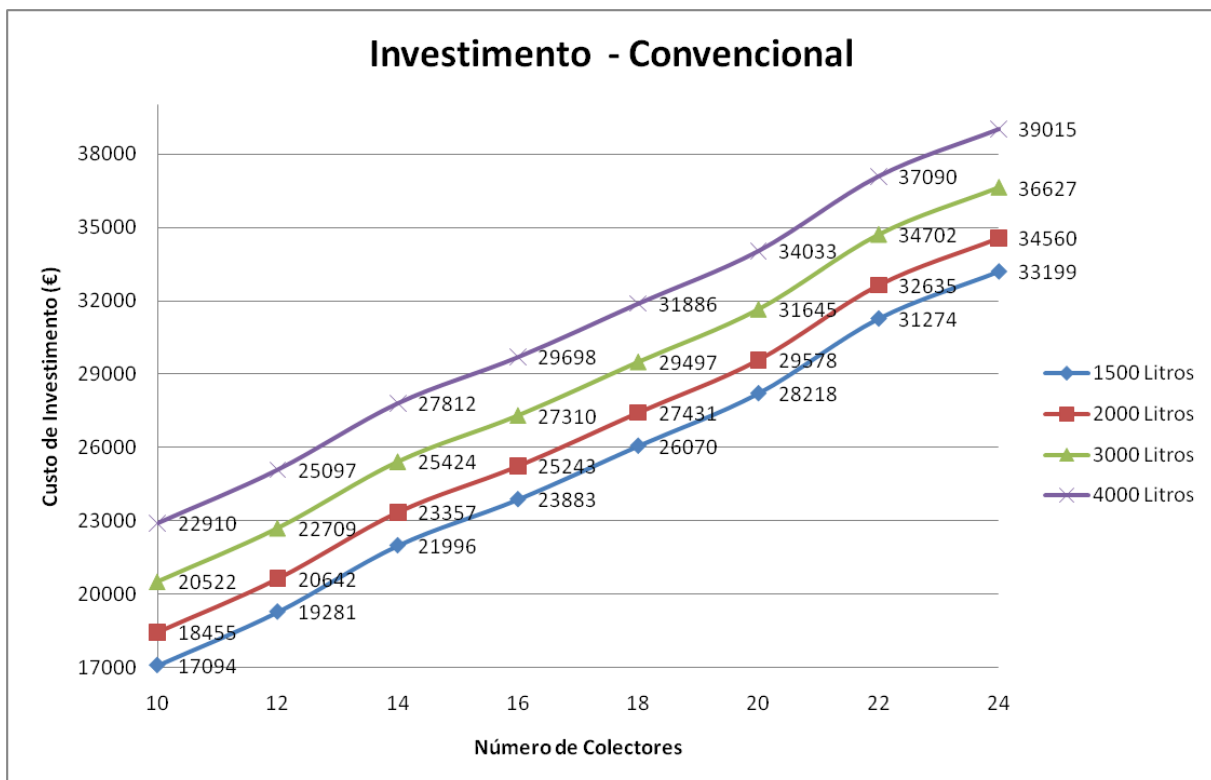



Figura 4.16 Investimento para sistemas convencionais

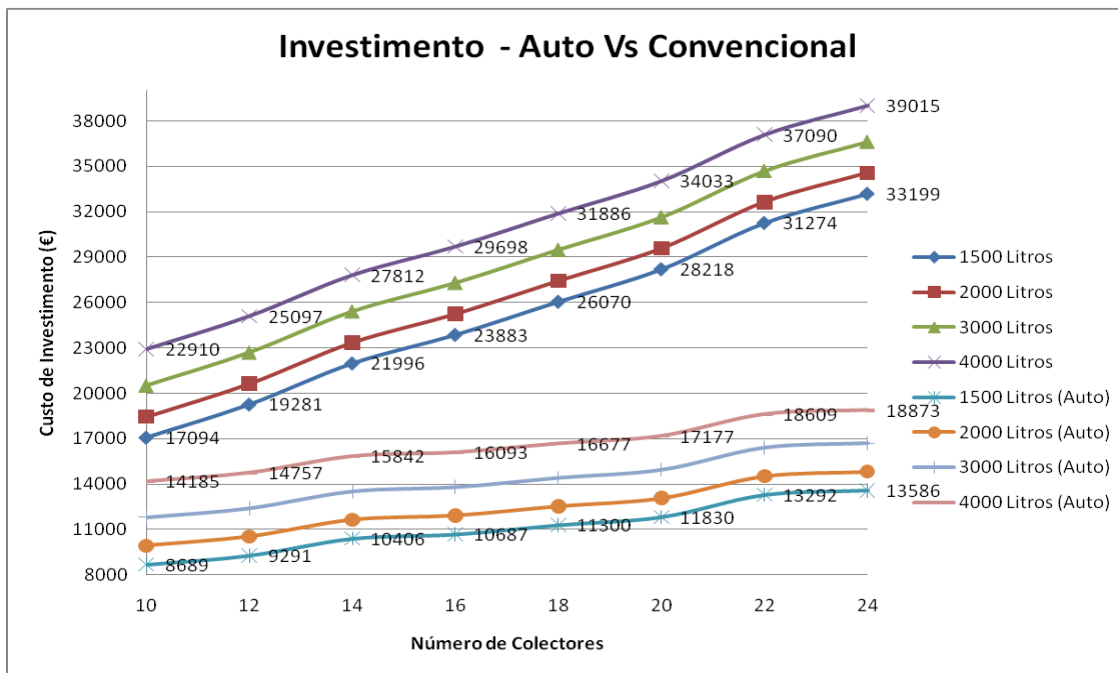



Figura 4.17 Comparação de Investimento entre autoconstrução e convencional

Como se pode verificar, as diferenças entre investimentos nos dois sistemas são consideráveis. Entende-se que o custo de sistemas convencionais seja mais alto. Isto, como já referido anteriormente, é o caso esperado porque apesar do número de colectores ser igual, a sua área de captação de energia solar é superior. Isto é aceitável porque mesmo que o tempo de retorno seja mais elevado, devido à esperada eficiência superior dos colectores e simultaneamente à referida área superior de captação espera-se que no momento em que o sistema iguale as poupanças ao seu investimento comece a poupar muito mais que o sistema em autoconstrução.

Tempo de Retorno

A figura 4.18 seguinte compara os dimensionamentos de todos os sistemas em termos de tempo de retorno, tanto para autoconstrução como para sistema convencional.

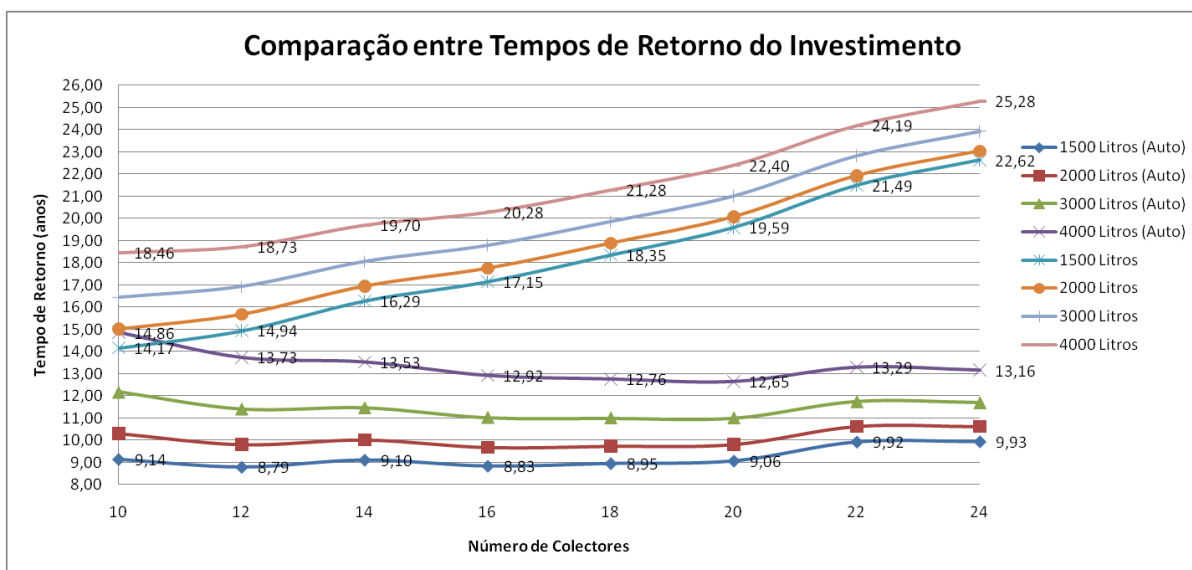



Figura 4.18 Comparação de tempos de retorno do investimento para autoconstrução e convencional

Da figura 4.18 retira-se que os tempos de retorno de sistemas em autoconstrução são muito menores. O pior tempo de retorno de sistemas em autoconstrução coincide com o segundo melhor dos sistemas convencionais, reforçando a ideia que os sistemas em autoconstrução são significativamente mais vantajosos neste aspecto. De referir que o melhor tempo de retorno corresponde ao dimensionamento de 1500 Litros e 10 depósitos, com o valor de 14,17 anos.

Conclui-se também que ao contrário das curvas dos sistemas em autoconstrução, as convencionais têm uma tendência crescente com o aumento do número de colectores. Isto deve-se ao facto de que os colectores são muito caros por compensação com o sistema de apoio. Não compensa adicionar colectores porque a tarifa para o gás natural é muito baixa. No caso da autoconstrução, tal não se verifica porque o preço do colector é suficientemente baixo para compensar esta situação.

Poupança

Relativamente à poupança ao fim de 20 anos, esta está representada na figura 4.19 em baixo.

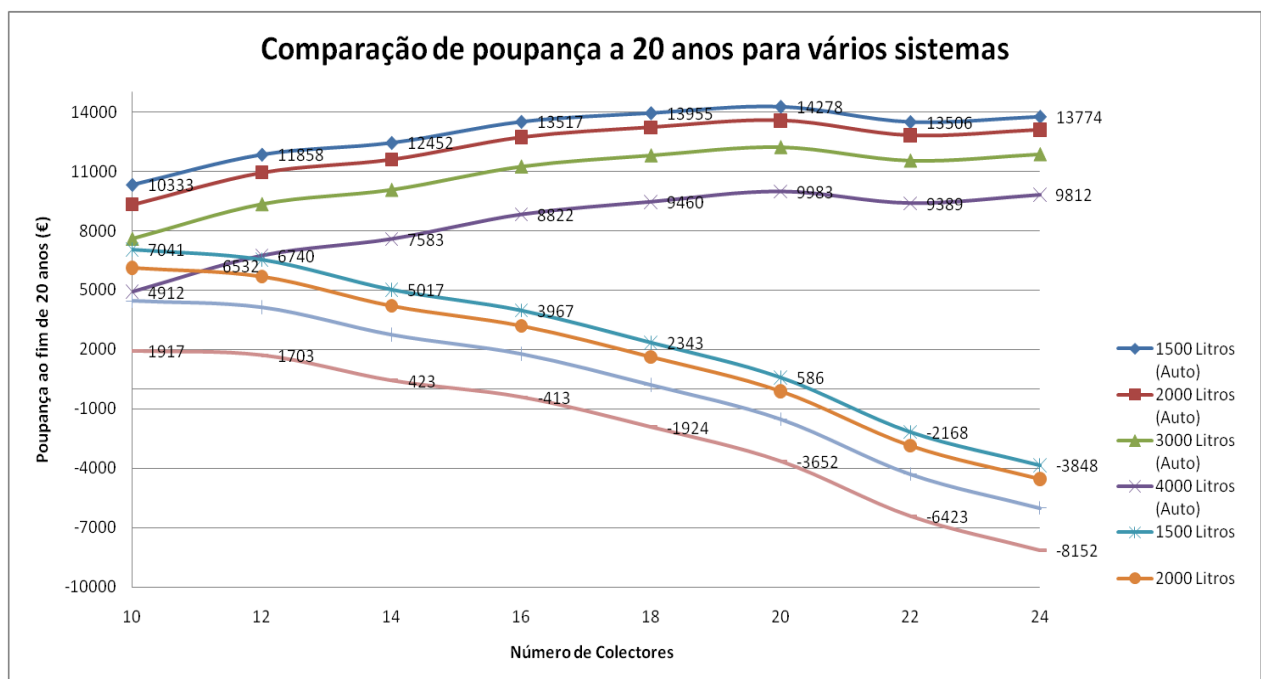



Figura 4.19 Comparação da poupança para os vários sistemas nas duas vertentes

Para o caso de sistemas convencionais existem até situações em que ao fim de 20 anos o sistema tem poupanças negativas, sinónimo de que ainda não atingiu o tempo de retorno. A poupança máxima que o melhor sistema atinge é de 7041€, e coincide com o dimensionamento que dava o tempo inferior de retorno.

A tabela 4.3 apresenta uma comparação entre o melhor sistema convencional e o melhor sistema em autoconstrução.

Tabela 4.3 Comparação entre os melhores sistemas em autoconstrução e convencional

	Convencional	**Autoconstrução**	**Diferença**
Volume de Depósito (Litros)	1500	1500	=
Número de Colectores	10	20	100,00%
Tempo de retorno (anos)	14,17	9,06	**-36,06%**
Poupança ao fim de 20 anos (€)	7.041	14.278	**102,78%**

Como se pode verificar as diferenças são bastante grandes e relevantes para a tomada de decisão. No caso do sistema em autoconstrução, o tempo de retorno é 36% inferior e a poupança é mais de duas vezes superior.

Conclui-se então que, para o caso em questão, é altamente favorável e preferível que o sistema seja desenvolvido e construído em autoconstrução permitindo fazer poupanças atractivas ao longo do período de vida do sistema.

Situação 2

Consultou-se um colaborador de uma empresa que dimensiona sistemas solares térmicos e que se encontra em actividade no mercado português. Expôs-se a situação e pediu-se um orçamento para exactamente o mesmo caso, fornecendo as informações necessárias para que se fizesse uma comparação justa entre os dois sistemas. O orçamento para o caso em questão foi de 30.000€, com a instalação incluída. Recordar que o investimento no caso do sistema em autoconstrução dimensionado é de 8.689€ e que o valor apresentado para um caso convencional, recorrendo aos preços de mercado para os colectores é de 17.094€.

Situação 3

Foi também feita uma análise de forma a saber se existiam benefícios, e em que dimensão, para outros casos de dimensionamentos de sistemas solares térmicos. A tese de mestrado apresentada em Novembro de 2010 por Hugo Miguel Gil Campaniço, com o título de “Sistemas Solares Térmicos Centralizados: Aplicação em Habitação Social”, apresenta no seu caso de estudo o dimensionamento de um sistema solar térmico para um bairro social em Torres Vedras, habitado por 96 ocupantes.

Do sistema dimensionado obteve-se, entre outras coisas, um investimento total, o tempo de retorno do dito sistema e a poupança ao fim de 20 anos. Analisou-se qual seria o impacto que teria o mesmo dimensionamento mas em autoconstrução nestes valores. Calculou-se quantos colectores construídos em autoconstrução seriam necessários para obter a mesma fracção solar que a que foi dimensionada no projecto em questão e obteve-se os resultados que estão expressos na tabela 4.4 seguinte.

Tabela 4.4 Comparação entre sistema dimensionado para Torres Vedras (convencional) e o mesmo sistema em autoconstrução

	Torres Vedras (Actual)	Torres Vedras (Autoconstrução)	Diferença
Investimento (€)	181.200	142.500	-38.700,00 €
Tempo de Retorno (anos)	8,4	7,7	-0,7
Poupança (20 anos)	181.900	228.300	46.400,00 €

Nos três pontos analisados, o sistema em autoconstrução é sempre mais atraente. Consegue obter-se uma poupança quase 25% superior e com um investimento significativamente inferior.

O que se conclui é que para qualquer das três situações analisadas anteriormente, a autoconstrução é sempre mais favorável que as opções e com diferenças significativas. Em alguns casos, pode ser a diferença entre investir num projecto ou não.

Construção e instalação do sistema no refeitório da Universidade de Lisboa

Seria interessante que a construção deste sistema se tornasse uma realidade no refeitório da Universidade de Lisboa. De forma a se poder proceder ao desenvolvimento de um sistema em autoconstrução para o refeitório, é necessário que existam pessoas dedicadas e orientadas para a execução do projecto. Propõe-se assim, que alunos do curso de Engenharia da Energia e Ambiente, numa perspectiva de desenvolverem conhecimentos práticos sobre tudo o que envolve a instalação de um sistema solar térmico, fossem os construtores e instaladores do sistema dimensionado nesta tese.

Ainda no âmbito desta proposta, a formação de uma disciplina de opção ou integrada na disciplina existente de "Energia Solar Térmica" já existente na Faculdade de Ciências, seria uma possibilidade de se desenvolver e optimizar o processo de construção dos colectores e possivelmente de outros componentes inerentes ao sistema solar térmico.

Local proposto da instalação

Orientação e inclinação dos colectores

O refeitório da Universidade de Lisboa já se encontra direccionado para a melhor direcção possível (Sul). Desta forma, a estrutura dos colectores terá apenas que inclinar os colectores para a orientação óptima. Esta orientação, para Lisboa, é de 34º porque se pretende fazer uma utilização contínua ao longo do ano e não maximizar apenas períodos do ano, como o Inverno ou o Verão. Isto acontece porque Lisboa se encontra no Hemisfério Norte e a Terra ao efectuar o seu percurso em torno do Sol, para a nossa latitude, ao longo do período de um ano atinge o máximo de quantidade de radiação média incidente para este ângulo de inclinação.

Nos casos em que a utilização não é contínua ao longo do ano, género casa de férias, a inclinação óptima altera-se e no Inverno é preferível inclinar os painéis para um ângulo superior (cerca de 60º) porque o Sol se encontra mais baixo no horizonte. No caso do Verão, é preferível que a inclinação seja mais baixa (cerca de 20º), visto que o Sol se encontra numa posição mais elevada.

Existem ainda outras opções no mercado para maximizar a energia o longo do ano, recorrendo ao uso de seguidores. A ideia consiste em aplicar um mecanismo de seguimento de sol, em que os colectores variam a sua inclinação ao longo do ano para o ângulo óptimo. A desvantagem destes sistemas é que o sistema é usualmente caro e muitas vezes o benefício que traz não compensa o custo acrescido.

Na figura 4.20 pode ver-se que diferenças de direcção relativamente a Sul e inclinações, afectam a quantidade de radiação a que os colectores estão sujeitos ao longo do ano. No entanto, pode verificar-se que as diferenças não são muito significativas para pequenas diferenças relativamente aos ângulos óptimos.

Inclinação	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°
68°	-23,5%	-19,0%	-15,6%	-13,6%	-13,1%	-13,8%	-15,6%	-18,7%	-23,1%
63°	-20,3%	-15,7%	-12,2%	-10,1%	-9,6%	-10,3%	-12,2%	-15,4%	-19,9%
58°	-17,5%	-12,8%	-9,3%	-7,1%	-6,6%	-7,3%	-9,2%	-12,4%	-16,9%
53°	-15,0%	-10,3%	-6,8%	-4,7%	-4,1%	-4,8%	-6,7%	-9,9%	-14,4%
48°	-12,9%	-8,3%	-4,9%	-2,8%	-2,2%	-2,9%	-4,7%	-7,8%	-12,2%
43°	-11,2%	-6,8%	-3,5%	-1,4%	4,80	-1,5%	-3,3%	-6,2%	-10,3%
38°	-9,9%	-5,8%	-2,6%	4,81	4,84	4,81	-2,3%	-5,0%	-8,9%
33°	-9,0%	-5,2%	-2,3%	4,82	4,84	4,82	-1,9%	-4,3%	-7,8%
28°	-8,5%	-5,1%	-2,5%	4,80	4,82	4,80	-2,0%	-4,1%	-7,2%
23°	-8,4%	-5,5%	-3,2%	-1,8%	-1,4%	-1,7%	-2,6%	-4,3%	-6,9%

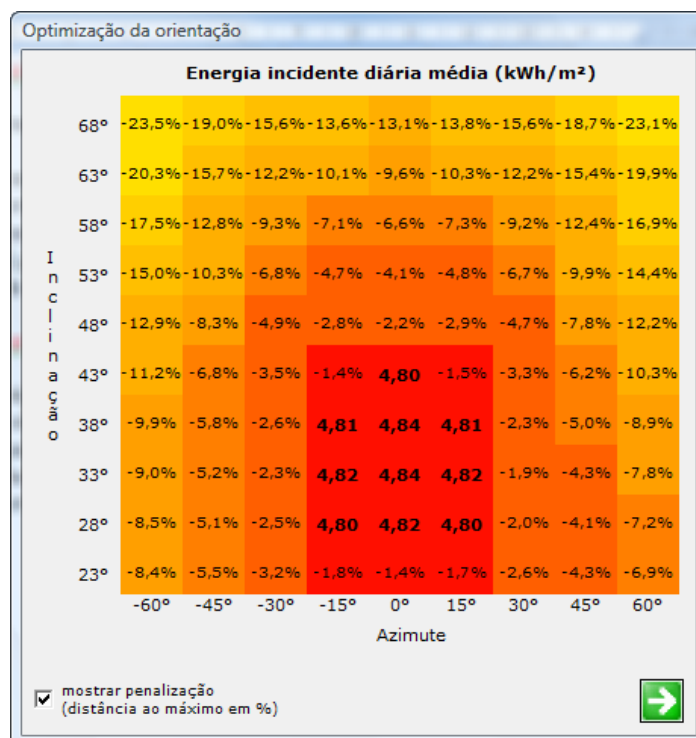



Figura 4.20 Redução de radiação incidente no plano dos colectores por desvios de orientação e inclinação, Fonte: Solterm

Sombreamento

É necessário também, ter em conta se existem obstruções directas à passagem de radiação e que impeçam os colectores solares de, em algum momento, receberem esta radiação. Exemplos disto, podem ser árvores ou edifícios existentes à volta do local desejado para a instalação. Caso existam edifícios, árvores ou outro qualquer obstáculo, que possam criar dúvidas quanto ao sombreamento dos colectores, então devem ser introduzidas estas informações no software Solterm, para que este calcule o impacto do sombreamento na quantidade de energia a que os colectores terão acesso e portanto na performance do sistema.

No caso do local de instalação, não existem obstáculos na redondeza do local desejado da instalação para colocar no software. No entanto, a figura 4.21 retirada do software mostra uma planificação do domo celeste, olhando para Sul, ao centro para um local em Lisboa. É possível adicionar então obstruções (edifícios por exemplo), existentes no local esperado da instalação e verificar qual a sua interferência no sombreamento dos colectores.

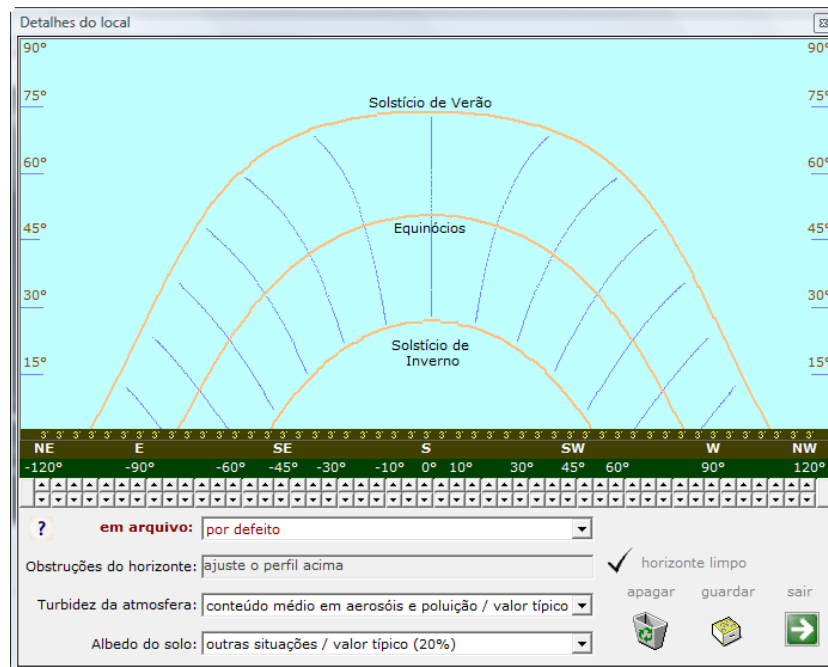



Figura 4.21 Planificação do domo celeste, Fonte: Solterm

Localização dos colectores e depósito

Figura 4.22 Modelo 3D do Refeitório I da Universidade de Lisboa, Adaptado: Google Earth

Propõe-se a colocação dos colectores por cima da estrutura do ginásio (não se encontram à escala), e o depósito deve ser colocado no campo desenhado a verde. Actualmente a localização para onde se propõe a instalação do depósito é ocupada por uma pequena horta. De referir que o apoio do sistema se encontra no edifício imediatamente anexo à localização proposta para o ginásio e portanto as perdas térmicas em tubagens e o comprimento das mesmas são bastante reduzidos. Pode até ser realizada uma pequena estrutura de baixo custo que proteja o depósito da chuva e de outros elementos climáticos que podem diminuir o rendimento térmico e o tempo de vida do mesmo.

Como se pode ver pela figura, a área disponível para a adição de colectores e depósitos é bastante vasta, pelo que caso o consumo no ginásio aumente o suficiente para justificar a adição de colectores, existe espaço suficiente para o fazer.

Prevenção de Sobreaquecimento

Existe a necessidade de prevenir o sistema para situações de sobreaquecimento como já foi referido anteriormente. Nos meses de Verão, a água no depósito, especialmente em Agosto por não existir consumo, pode atingir temperaturas muito elevadas e danificar o sistema. Desta forma, é necessário utilizar métodos que impeçam que esta situação se verifique. Um dos métodos foi já dimensionado neste sistema e passa pela instalação de um radiador que tem a função de reduzir a temperatura a que o fluído circula do campo de colectores para o depósito. O radiador faz passar ar pelo exterior da tubagem que sai do colector e se dirige ao depósito, que irá arrefecer o fluído que circula no seu interior prevenindo que o depósito sobreaqueça.

O outro método proposto é o da colocação de um pano ou manto por cima do campo de colectores que limite a quantidade de radiação a que os colectores estão sujeitos e portanto não permita que o fluído que circula neles aqueça.

5. Conclusões

O motor da evolução socioeconómica é a energia. Ela é a base da organização das sociedades, e a fonte que tem permitido a grande evolução sentida desde a revolução industrial é a fóssil. No entanto, a perspectiva que os combustíveis fósseis escasseiem num futuro próximo está a gerar um interesse crescente na área das energias renováveis (verificado pelas perspectivas de futuros empregos existentes na área do solar térmico por exemplo) e a iniciativa pessoal de cada um em fazer parte desta nova base de crescimento e desenvolvimento das sociedades deve ser motivada e facilitada.

Esta dissertação incidiu sobre uma tecnologia renovável, o solar térmico para produção de água quente sanitária, privilegiando uma componente prática e apontada para a participação individual de cada um, de forma a ajudar a esta transformação da sociedade. A perspectiva de que cada pessoa pode ajudar a transformar o paradigma actual de consumo de energia e simultaneamente conseguir obter benefícios quantificáveis e directos para si, pode vir a ser uma situação altamente cativante.

Nesta dissertação, foram introduzidos os conceitos teóricos necessários ao entendimento do que é um sistema solar térmico, como se pode dimensionar um sistema destes e ainda como aplicar praticamente estes conceitos, em conjunto com outras informações dispostas ao longo da dissertação, para obter benefícios financeiros para si próprio e para os outros.

Foi construído um colector solar térmico, baseado num modelo de construção suíço que se iniciou na década de 90 e tem vindo a crescer nesse mesmo país, disseminando a tecnologia do solar térmico e promovendo o recurso à utilização de energias renováveis. Os passos da construção deste colector foram descritos e as bases foram lançadas para que qualquer pessoa interessada possa construir o seu próprio colector solar térmico a um custo muito inferior (cerca de 70% de redução de custo por colector) e com uma qualidade certificada por um instituto Suíço de acreditação reconhecido.

Propus também a introdução de uma disciplina opcional no programa educativo do Mestrado de Engenharia da Energia e Ambiente, para facilitar e promover o contacto directo dos alunos com a construção de uma tecnologia que é estudada nas suas outras aulas. A possibilidade de construir um colector permite uma aprendizagem prática, divertida, transmitindo e fomentando a sensação da capacidade de construir algo útil e que lhes afecta directamente na sua formação e ainda mais, que dificilmente se esquece.

Foi também analisado nesta dissertação um caso de estudo prático da aplicação do conceito de autoconstrução à cantina e ginásio da Universidade de Lisboa. Desta análise concluiu-se que a diferença entre utilizar um sistema em autoconstrução ou um sistema convencional de uma instalação solar térmica é muito significativa. Neste caso específico, a utilização da autoconstrução permite duplicar a poupança ao fim de 20 anos (o que corresponde a um aumento de 7.000 €). Foi pedido um orçamento para este mesmo sistema a um colaborador duma empresa que actua no mercado do solar térmico e o sistema foi orçamentado em 30.000€, mais 18.000€ que o sistema proposto em autoconstrução.

Analisou-se ainda o impacto da autoconstrução sobre o caso de estudo apresentado na dissertação “Sistemas Solares Térmicos: Aplicação em Habitações Sociais” de Hugo Miguel Gil Campaniço, e concluiu-se que a aplicação da autoconstrução ao projecto por si dimensionado resulta num aumento da poupança ao fim de 20 anos de mais de 46.000€ (mais 26% de poupança). Deve mencionar-se ainda, neste contexto, a mais-valia social que resultará do envolvimento da população de um bairro social na construção dos seus próprios colectores solares, e mesmo, do potencial que esta iniciativa pode vir a ter numa lógica de promoção de competências para o desenvolvimento de pequenos negócios, como o projecto Sebasol preconiza com as vendas dos sistemas chave-na-mão.

Concluiu-se portanto que os sistemas solares térmicos em Portugal, são economicamente vantajosos face a sistemas convencionais de aquecimento de águas quentes sanitárias e que deve ser iniciado investimento nesta área de forma a expandir e promover a substituição de consumo de combustíveis

fósseis que é possível obter por esta via. É importante entender e transmitir, o mais cedo possível, que a evolução dos mercados e da sociedade tenderá e forçará eventualmente a uma independência das actuais fontes de combustível. Esta dissertação pretende ser um contributo no sentido de fomentar a capacidade de pôr em prática esse entendimento.

Finalmente, concluo dizendo que a autoconstrução tem o potencial de se tornar em Portugal num dos movimentos mais fortes a nível ambiental, social e económico dentro das energias renováveis, podendo ajudar a descer os preços praticados actualmente no mercado e permitindo que toda a gente tenha acesso a uma fonte de energia renovável.

6. Referências

1. Werner Weiss, Franz Mauthner, Solar Heat Worldwide Markets and contribution to the Energy Supply 2008, 2010 Edition
2. EUROBSERV'ER - Maio 2010
3. ESTIF – Solar Thermal Markets in Europe, Trend and Market Statistics 2009, Junho 2010.
4. http://www.sociedadedosol.org.br/
5. http://sebasol.ch/presentation.asp?rubrique=0
6. Bernard Lachal, "Étude sur le subventionnement des capteurs solaires thermiques à Genève, Centre Universitaire D'Étude Des Problèmes De L'Énergie, Université de Genève, Julho 2002
7. Relatório de Actividades do Ginásio da Universidade de Lisboa, 2008-2009
8. Informações obtidas através das facturas fornecidas pelo Refeitório I da Universidade de Lisboa

NOTAS

1) Todos os endereços de internet foram consultados no dia 14 de Fevereiro de 2011 e encontravam-se em funcionamento.
2) Ao longo deste documento são feitas várias referências ao documento técnico da Sebasol. Este documento diz respeito a um manual de instalação oferecido pela Sebasol, aquando da presença no curso que realizei na Suíça. Informações relativas ao dimensionamento de componentes e ao método de construção do colector foram retiradas ou adaptadas, consoante o caso, deste mesmo manual.
3) Ao longo desta tese as expressões "produzir" ou "perder" energia são utilizadas de forma abusiva. Entende-se que não se produz ou perde energia mas transforma-se.

7. Anexos

Anexo 1

CANTEIROS DIDÁTICOS SOLARES
« Caçadores de sol »

Pascal CRETTON *) , Pierre HOLLMULLER *) , Cédric JEANNERET **)
*) Sebasol / SolarSupport , tél./fax : (+41) 21 311 3742 , e-mail : phollmuller@bluewin.ch
**) Terrawatt , tel. : (+41) 22 800 2533 , e-mail : cedric@terrawatt.ch
www.sebasol.ch – www.terrawatt.ch

Proposta :
durante uma semana, jovens de 14 à 18 anos entram em contato com a problemática energética.

Construção de uma instalação solar térmica de qualidade profissional.

Descoberta do mundo da energia, proposições concretas de eficiência.

Idéia central :
aliar produção renovável e economia de energia num mesmo conceito pedagógico

- Aprender a usar ferramentas profissionais.
- Atuar de maneira concreta no consumo energético de um edifício.
- Aplicar e difundir uma técnica provada e competitiva de produção energética renovável.

- Do consumo ao recurso primário : entender as cadeias de transformação e degradação energética.
- Entender seu impactos ambientais e sociais.
- Uso racional da energia : ter consciência da margem de manobra do cidadão.

Background :
10 anos de experiência em construção solar e de experiência didática em questões de energia.

- Ferramenta especializada para a construção das placas, a integração no teto e a conexão no acumulador.
- Material completo de segurança.
- Modulo didatico desmontavel (fenômenos fisicos, principio de funcionamento).
- Simulação computacional.

- Sucessão lógica de experiências com material didatico : "conquista do fogo", "detetives da energia", "aqueça-quem-puder", "observatorio elétrico", etc.
- Partilha das experiências, formulação dos conceitos chave.
- Visita de obras energéticas.

Parceria : secretaria de energia, universidades, coletividades publicas, associações.

CANTEIROS DIDÁTICOS SOLARES

1. Objetivo

Com mais de 15 anos de experiência na construção solar e na didática da energia, duas associações juntam seu "know-how" numa ação pedagógica audaciosa, com o objetivo de difundir o uso das energias renováveis assim como a utilização racional da energia. Durante uma semana, jovens de 14 à 18 anos constroem uma instalação solar térmica de qualidade profissional para um edifício publico, enquanto se familiarizam com a gestão eficiente e sustentável do consumo energético quotidiano.

2. Background

À nível técnico, esta ação baseia-se no conceito de auto-construção solar térmica que, desde meados dos anos 80, está sendo proposta aos proprietários e às cooperativas de habitação. O sistema, avaliado e etiquetado pelo centro de homologação solar suíço, gerou um crescimento de 10% do parque solar nacional. Está sendo difundido pela SolarSupport, uma associação sem fim lucrativo, composta por profissionais e usuários da energia solar. Apoiada pela Secretaria federal da energia, esta associação fornece a engenharia, a encomenda de materiais, a supervisão técnica e o controle de qualidade, enquanto a mão de obra é fornecida pelos próprios proprietários. Graças ao investimento de tempo, o investimento em capital (incluido o custo do armazenamento e a intervenção pontual de profissionais) se reduz à menos de 50% dos sistemas comerciais. Alternativamente, pessoas menos aptas à trabalho de canteiro podem comprar uma instalação construida por profissionais (funileiros, encanadores) devidamente treinados pela SolarSupport.

De maneira semelhante, desde os anos 80, o desenvolvimento de ferramentas didáticas no campo da energia resultou de um trabalho conjunto entre profissionais em educação, especializados na problemática energética, e a Secretaria da energia. Foram abertos um centro público de informação e um jornal informativo de acesso geral, assim como desenvolvidas atividades pedagógicas em escolas e colônias de ferias. Alternando jogos, experimentação e reflexão, as atividades propostas pela associação Terrawatt introduzem, de maneira lúdica e coerente, a noção das cadeias de transformação (da energia útil à energia primária), a diferenciação entre fontes de energia renovável e não-renovável assim como seus impactos no meio ambiente (noção de desenvolvimento sustentável), ou ainda o conceito de eficiência energética (determinação da necessidade e adequação do consumo), destacando a margem de manobra individual no consumo energético quotidiano.

3. Organização / desenvolvimento

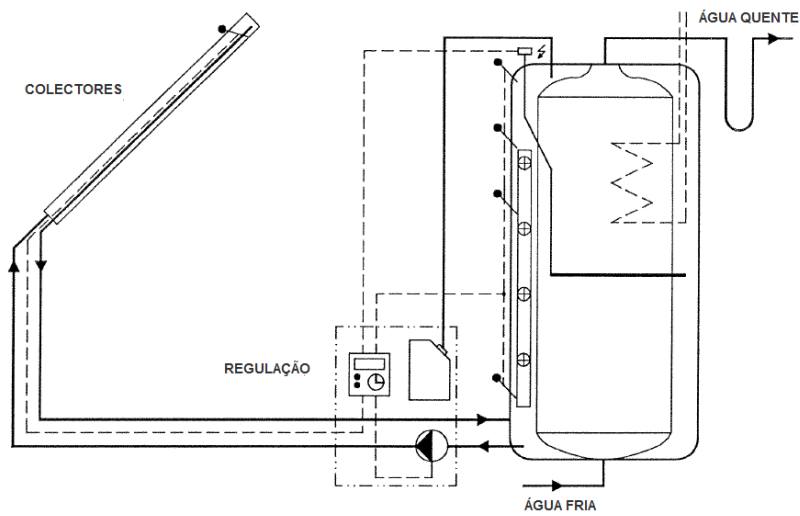
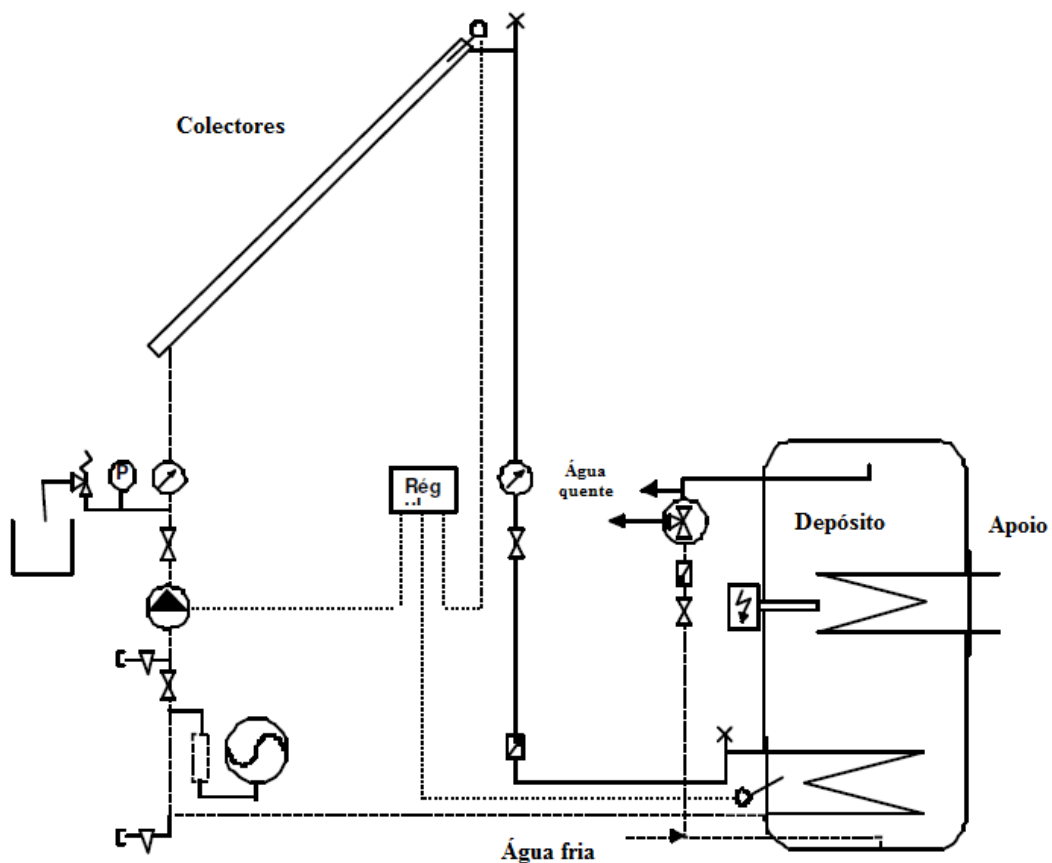
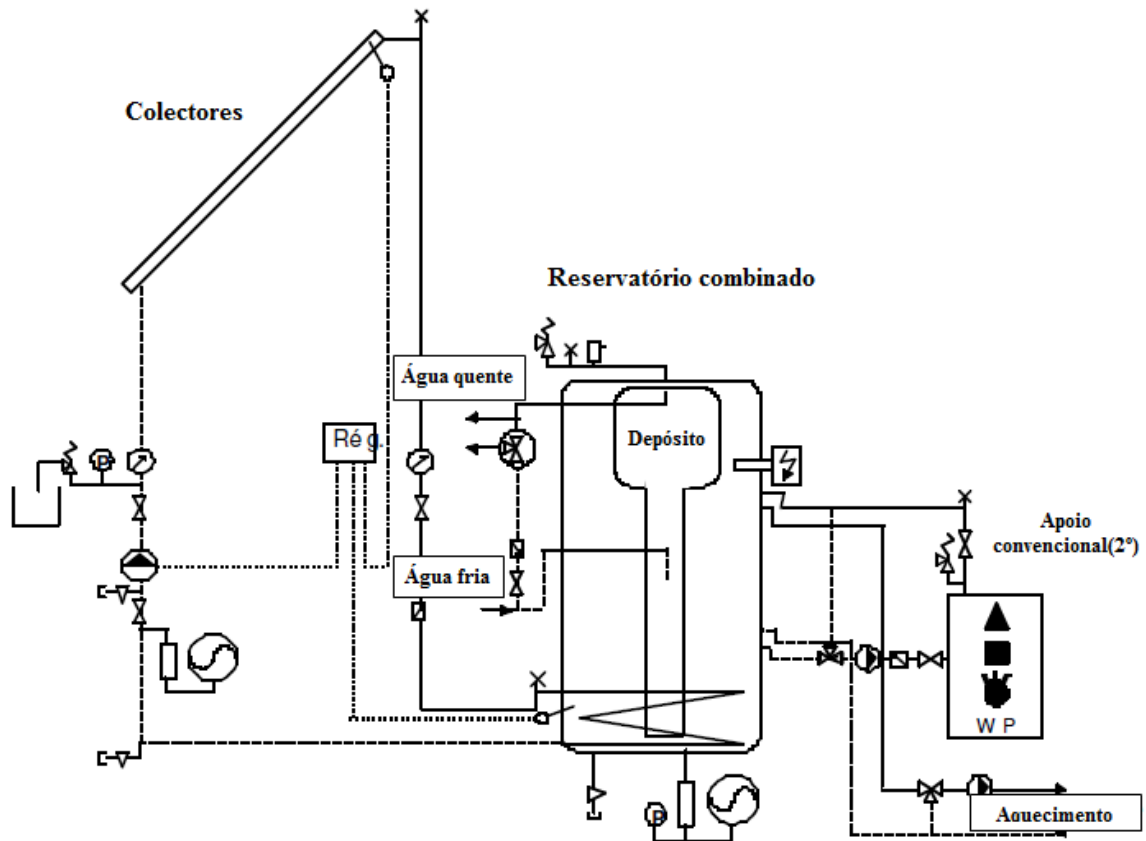
Assim como na auto-construção tradicional, o trabalho efetuado no canteiro didático compreende a construção das placas solares (arqueamento dos tubos e soldagem nas placas seletivas de cobre), a construção no teto do chassis de integração, a colocação do isolamento térmico, das placas e do vidro solar, a soldagem do circuito hidráulico e sua conexão no acumulador, assim como o comissionamento da instalação. Enfrentando um objetivo e um calendário ambicioso, a aprendizagem da técnica e o manejo das ferramentas se desenvolve "in loco", os participantes rapidamente tornam-se parceiros da equipe técnica. Apenas a funilaria e a conexão no aquecedor auxiliar estão sendo executados por mão de obra especializada, que na mesma ocasião pode ser sensibilizada para o uso da energia solar.

A estruturação dos participantes em dois grupos permite, na hora do almoço, alternar o trabalho de canteiro com a didática no campo da eficiência energética. No primeiro dia, a "conquista do fogo" (durante a qual os participantes voltam aos tempos pré-históricos e devem encontrar uma maneira para acender e conservar acesos uma série de fogos de lenha) permite entender a necessidade de uma fonte energética para satisfazer nossas necessidades básicas, assim como de visualizar a rarefação dos recursos e os impactos ambientais ligados às cadeias energéticas. Os "detetives da energia" (descoberta das redes energéticas da edificação : do radiador à caldeira central e até à refinaria e ao poço de petróleo ; da lâmpada ao contador elétrico e até à hidráulica ou à central nuclear) permitem ligar os nossos hábitos quotidianos à realidade da produção energética. O "observatório elétrico" (medição de consumo de vários tipos de lâmpadas e de aparelhos em "standby") e a "casa dos 10 erros" (calefação com janela aberta, lâmpadas acessas em salas vazias, panelas sem tampa, etc.) finalmente permitem evidenciar alguns jazigos de economia elétrica.

Na interface entre essas duas propostas, simulações computacionais do consumo de calor do edifício em função da envolvente (vidros, isolamento), assim como uma mini-consultoria dos equipamentos técnicos, permitem encaixar a experiência de construção solar dentro de uma problemática energética maior.

4. Custo

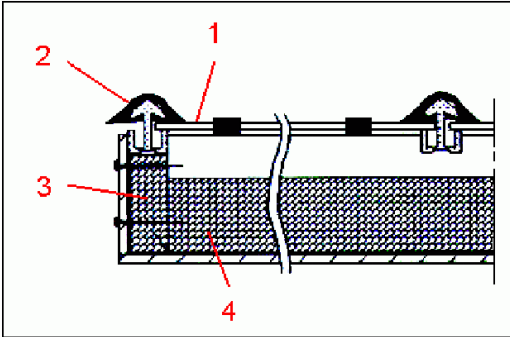
Com o compromisso benévolo dos participantes, o custo total da ação (serviço técnico e didático, material de construção faturado à preço de custo, intervenção pontual de mão de obra profissional, supervisão begin-end e entrega da instalação), finalmente torna-se competitivo com uma instalação solar térmica comercial, além de compreender uma experiência de aprendizagem fora do comum para os cidadãos de amanhã.

Anexo 2 – Esquema de princípio de uma instalação compacta para aquecimento de águas sanitárias

Anexo 3 - Esquema de princípio de uma instalação compacta ligeiramente superior para aquecimento de águas sanitárias

Anexo 4 – Esquema de princípio para uma instalação de aquecimento de águas sanitárias mais apoio à climatização

Anexo 5 – Resultados dos testes efectuados ao colector K6 da Sebasol por entidade competente na Suíça.

Collector Test No. C172

SPF Solartechnik Prüfung Forschung

Solar Support, K6 selektiv

1. The following tests have been performed

Test	Carried out	Section	Report*
Durability test according to ISO	Yes	3	C172QPISO
Durability test according to EN	Yes	3	C172QPEN
Measurement of stagnation temperature	No	3.1	
Efficiency measurement acc. SPF	Yes	4.1	LTS C172
Efficiency measurement acc ISO, DIN, EN	No	4.1	
Incidence angle modifier (IAM)	Yes	4.4	
Measurement of pressure drop	No	4.5	
Measurement of thermal capacity	No	4.6	
Measurement of time constant	No	4.6	

* = contact manufacturer for details!

2. Collector description

Contact	Solar Support, CH-7304 Maienfeld Tel. +41 (081) 302 56 55, Fax +41 (081) 302 63 44
Distributed in *	CH
Construction	Flat plate collector
Type	1 cover, selective absorber
Installation *	Sloping roof integration, Installation on sloping roof, Flat roof with support
Rated flowrate *	100 l/h
Absorber coating *	Black chrome on nickel on copper
Dimensions (absorber, gross)	1.491 m², 1.772 m²
Gross dimensions: l , w , h (in m)	0.842 x 2.105 x 0.110
Weight including glazing *	40 kg

* = manufacturer information

Legend

1 Glazing
2 Glass support rail
3 Thermal insulation
4 Thermal insulation Absorber

3. Durability test and Swiss quality label

The collector has passed a durability test acc. To ISO 9806-2 and prEN12975-2.

The collector carries the quality label C17200.

3.1 Stagnation temperature

Standard values ISO 9806-2 and EN 12975-2: 30°C / 1000 W/m²

On behalf of the Swiss federal office of energy BFE *10.04* *Page 1 of 2*

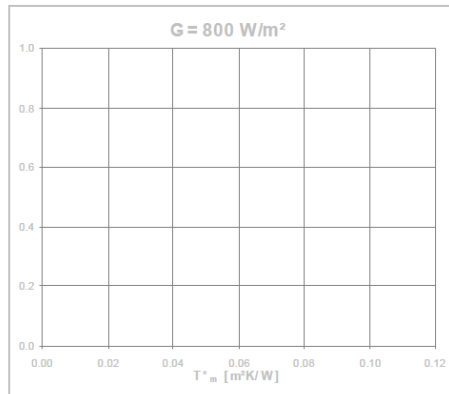
Collector Test No. C172

4. Thermal performance (flowrate at test: 104 l/h)

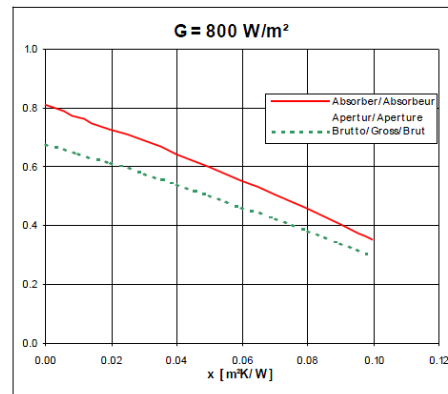
4.1 Efficiency caracteristic curve

Measurement with wind (acc. to ISO, DIN, EN)

Bezugsfläche:	Absorber	Apertur	Brutto
η_0 (-)			
a_1 (W/m²K)			
a_2 (W/m²K²)			

$\eta(T^*_m) = \eta_0 - a_1 \cdot T^*_m - a_2 \cdot G \cdot T^{*2}_m$ $[T^*_m = (t_m - t_a)/G]$
t_m: avg. fluid temp, t_a: ambient temperature, G: irradiance

Measurement without wind (acc. to SPF)

Reference area	Absorber	Aperture	Gross
c_0 (-)	0.808		0.680
c_1 (W/m²K)	3.81		3.21
c_2 (W/m²K²)	0.0090		0.0076

$\eta(x) = c_0 - c_1 \cdot x - c_2 \cdot G \cdot x^2$ $[x = (t_m - t_a)/G]$
t_m: avg. fluid temp, t_a: ambient temperature, G: irradiance

4.2 Characteristic efficiency values (normal incidence, G = 800 W/m²)

Bezugsfläche:	Absorber	Apertur	Brutto
η (T^*_m = 0.00)			
η (T^*_m = 0.05)			
η (T^*_m = 0.10)			

Reference area	Absorber	Aperture	Gross
η (x = 0.00)	0.81		0.68
η (x = 0.05)	0.60		0.50
η (x = 0.10)	0.36		0.30

4.3 Power output (power in watts per collector, normal incidence, beam irradiation)

	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
$t_m - t_a$ = 10 K			
$t_m - t_a$ = 30 K			
$t_m - t_a$ = 50 K			

Irradiation	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
$t_m - t_a$ = 10 K	424	785	1'147
$t_m - t_a$ = 30 K	299	661	1'022
$t_m - t_a$ = 50 K	164	526	887

4.4 Incidence angle modifier (IAM)

	0°	10°	20°	30°	40°	**50°**	60°	70°	80°	90°
$K(\Theta)_{,long}$	1.0					**0.92**				0.0
$K(\Theta)_{,trans}$	1.0					**0.92**				0.0

4.5 Pressure drop in Pa (test fluid 33.3% Ethylenglykol)

	100 l/h	150 l/h	250 l/h	350 l/h	500 l/h
20°C					
60°C					
80°C					

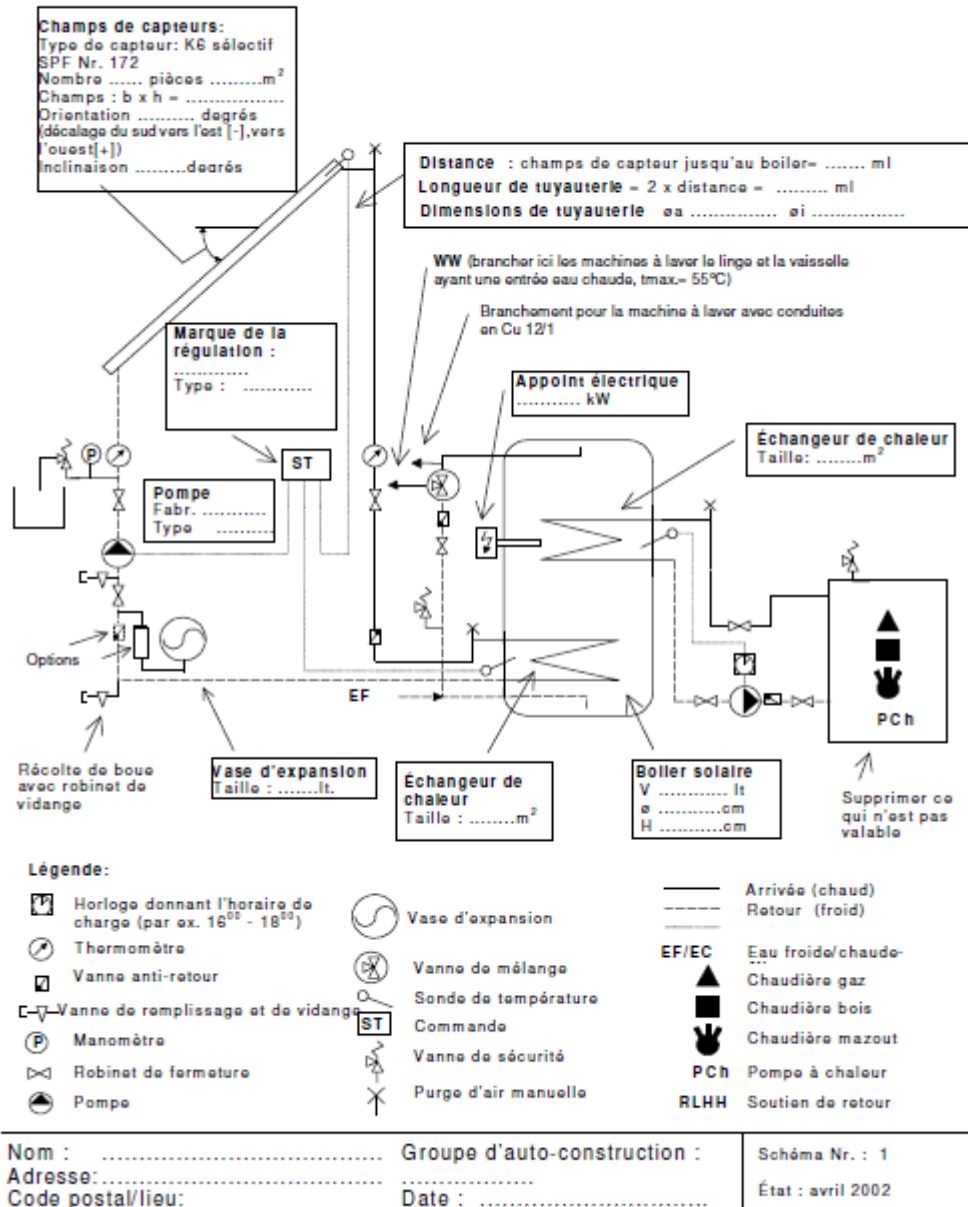
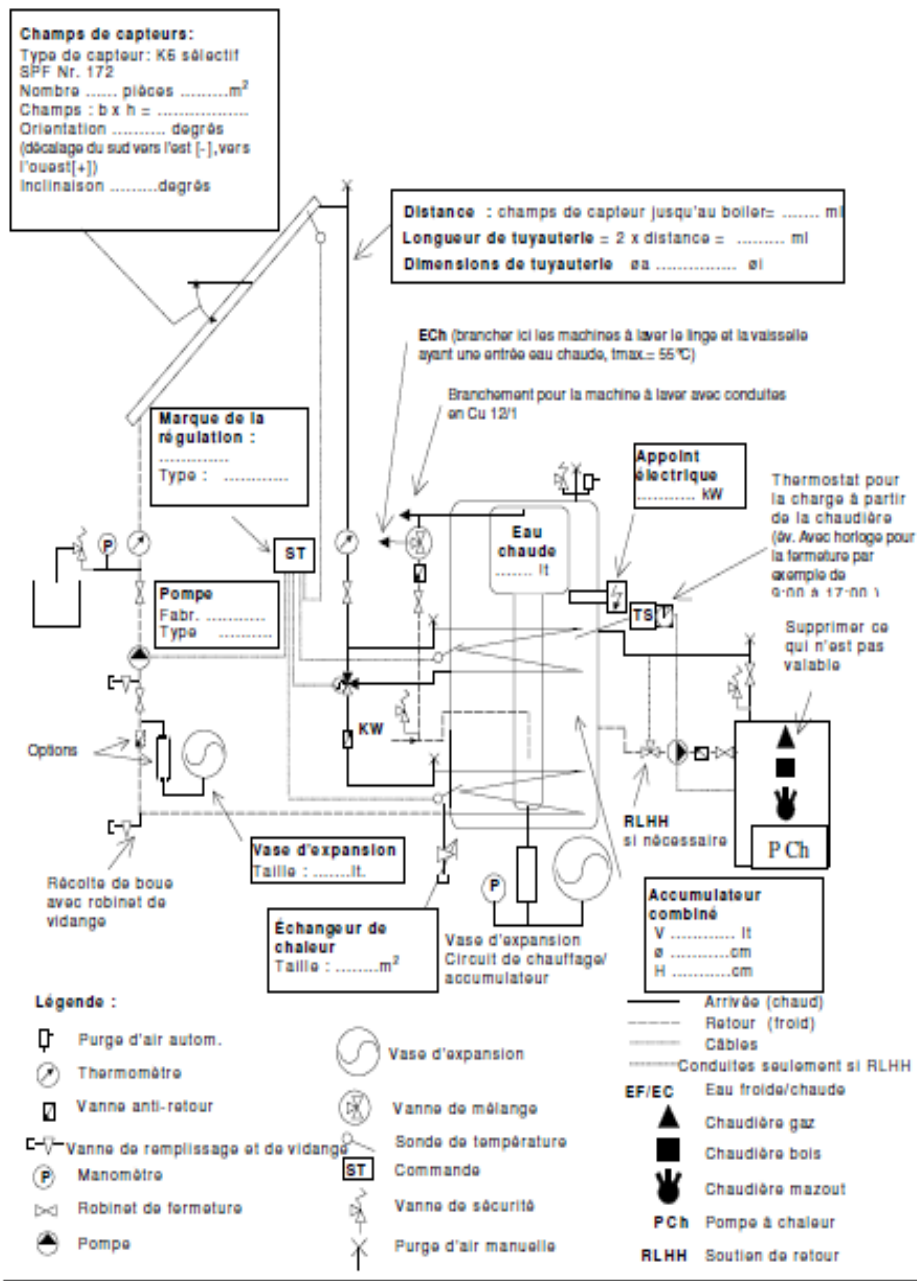
4.6 Thermal capacity and time constant

Thermal capacity (kJ/K)	Time constant (s)

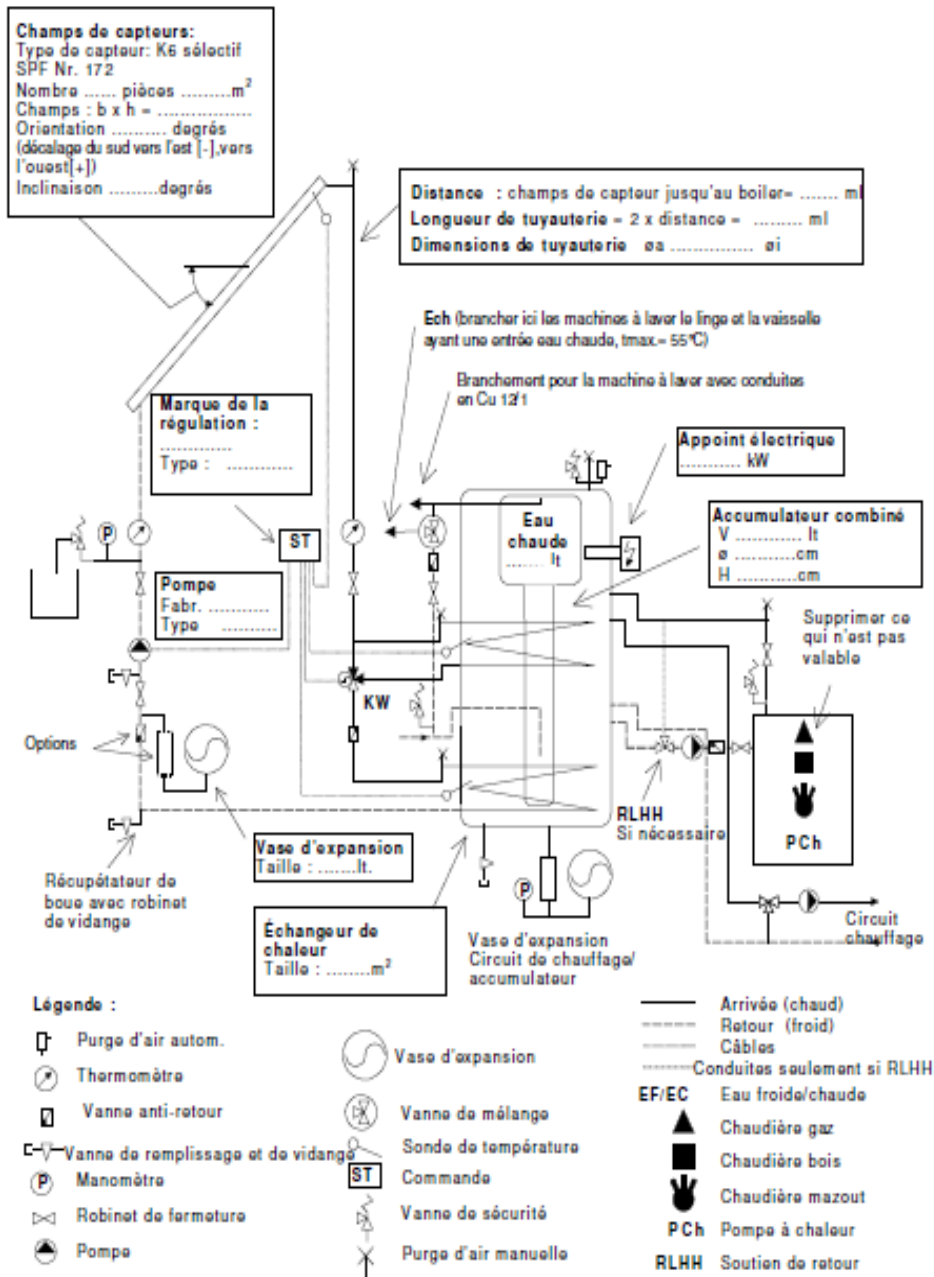
SPF
Hochschule Rapperswil (HSR)
Oberseestr. 10
CH-8640 Rapperswil
http://www.solarenergy.ch

On behalf of the Swiss federal office of energy BFE *10.04* *Page 2 of 2*

Anexo 6 – Esquema de Princípio: Instalação para água quente

<u>Instalação para água quente</u> - acumulador com apoio eléctrico e convencional (gás, madeira ou bomba de calor)

Anexo 7 – Esquema de princípio: Instalação para água quente com depósito combinado

Anexo 8 – Esquema de princípio: Instalação para AQS + Apoio à climatização

Instalação para água quente e apoio à climatização

Com acumulador combinado

Anexo 9 - Comparação entre colector Sebasol K6 e colector de alta qualidade do mercado

Installations solaires : Information et conseil – Dimensionnement – Cours et conférences – Systèmes en autoconstruction – Chantiers pédagogiques

Mon capteur il est plus performant que le tien !

La question : si on change de capteur pour "un plus performant/ qui produit plus", cela vaut-il la peine ?

- "Plus performant" ne veut rien dire en soi : les capteurs sont testés au SPF Rapperswill
- Toutes autres choses égales, on peut les simuler sur un programme solaire thermique homologué
- De la simulation d'une installation avec un capteur A qui produit X et de la même installation avec un capteur B qui produit Y on tire le rapport de couverture annuelle des besoins Y/X en %
- Si le rapport des devis Dy/Dx des deux installations est supérieur à Y/X, ça ne vaut pas la peine, vu que le kWh utile additionnel produit coûte plus cher.

Exemple

Conclusion : la solution Supercapteur est valable si le devis HT de l'installation B n'excède pas de 10% le devis de l'installation A, à cahier des charges égal (pour le reste de l'installation)

Points important du cahier des charges : intégré/apposé en toiture, ferblanterie comprise dans devis, connexion ECS comprise, accu inox, sortie de l'ancien chauffe-eau, mitigeur thermostatique, épaisseur d'isolation des lignes, compteur de chaleur, protection des lignes en façade, percements, siphons, etc. cf. www.sebasol.ch/cahier.pdf et www.easysolar.ch pour des coûts estimés à cahier des charges égal.

Vos installateurs agréés Sebasol

SEBASOL, c/o P. Cretton – Aloys-Fauquez 6 – 1018 Lausanne – Tél./ Fax : 021-311.37.42, info@sebasol.ch, www.sebasol.ch